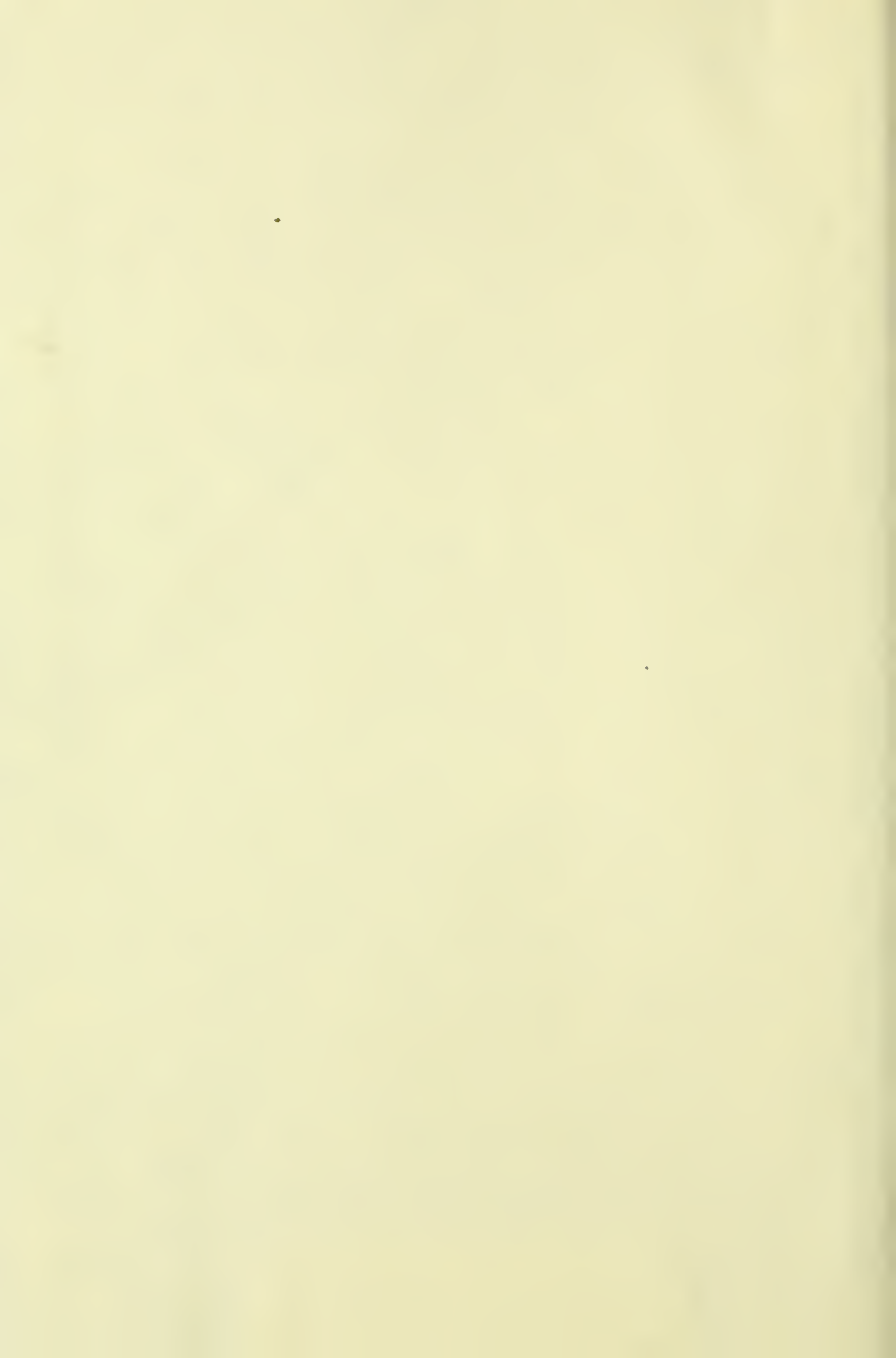






LEHRBUCH

der

PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN

einschliesslich der

.ATOMIE.

MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG

der

PRAKTISCHEN MEDICIN.

Von

Dr. L. LANDOIS,

ord. öffentl. Professor der Physiologie und Director des physiologischen Instituts
der Universität Greifswald.

MIT 187 HOLZSCHNITTEN.

WIEN, 1880.

URBAN & SCHWARZENBERG,

MAXIMILIANSTRASSE Nr. 4.


WELLCOME
LIBRARY
INSTITUTE

Vorwort.

Tendenz und Bestimmung des Buches.

Bei der Bearbeitung des vorliegenden kurzgefassten Lehrbuches der Physiologie hat den Verfasser das Bestreben geleitet, für Aerzte und Studirende ein Buch zu liefern, welches in höherem Masse, als dies in den meisten ähnlichen Werken der Fall ist, den Bedürfnissen des praktischen Arztes dienen soll.

In dieser Beziehung ist in allen Abschnitten an die Darstellung der normalen Vorgänge eine kurze Skizze der pathologischen Abweichungen angefügt. Dies hat den Zweck, den Blick des Lesers schon von vornherein auf das Feld seiner späteren ärztlichen Wirksamkeit zu lenken, und ihn aufmerksam zu machen, in wie weit der krankhafte Process eine Störung der normalen Vorgänge sei.

Anderseits wird dadurch auch dem praktischen Arzte die Gelegenheit geboten, das ihm in seiner Thätigkeit in der Regel schon gar zu bald ferner liegende theoretische Gebiet auf's Neue mit Leichtigkeit zu recapituliren. Er kann hier

mühelos von den krankhaften Erscheinungen, die er behandelt, auf die normalen Vorgänge zurückschauen und in der Erkenntniss dieser neue Winke für die richtige Auffassung und Behandlung gewinnen.

Ganz besonders hat der Verfasser von diesem Gesichtspunkte aus alle jene Untersuchungsmethoden, welche auch von dem Praktiker mit grossem Vortheil verwerthet werden können, und die in den Büchern über Physiologie in der Regel nur sehr kurz dargestellt werden, eingehender behandelt. Es soll hier nur auf die Abschnitte hingewiesen werden: Blutuntersuchung — graphische Untersuchung des normalen und krankhaft veränderten Herzstosses — Herztöne und Herzgeräusche — Pulslehre — Venenpuls — Transfusion — normale und abweichende Athmungsgeräusche — Ventilation — Untersuchung der Luft in Wohnräumen — Sputum — Abweichungen von den normalen Verdauungs-Processen — Diabetes — Cholämie — Verdauung Fiebernder — Thermometrie und Calorimetrie im Fieber — Untersuchung des Trinkwassers — Fleisch und Fleischpräparate — übermässiger Fett- und Fleisch-Ansatz und seine Bekämpfung — die Untersuchung des normalen Harnes und die Bestimmung aller pathologischen Bestandtheile, sowie der Harnconcremente — Urämie, Ammoniämie, Harnsäuredyskrasie — krankhafte Störungen der Harnretention und Harnentleerung — pathologische Abweichungen der Schweiss- und Talgsecretion — galvanische Durchleitung durch die Haut — pathologische Abweichungen der Bewegungsfunctionen — Laryngoskopie und Rhinoskopie — Pathologie der Stimm- und Sprachbildung — physiologische Principien der Anwendung der

Elektricität zu Heilzwecken — constante Ketten und elektrische Apparate. — Bei der Besprechung aller einzelnen Nerven und der verschiedenen Nervencentra ist consequent eine Skizze der pathologischen Erscheinungen an denselben hinzugefügt. In Bezug auf die Nervencentra ist besonders die Störung der Reflexe — die der Leitungen in den Centralorganen — die des Athmungscentrums, nebst Begründung der Hilfeleistungen bei Erstickten — die Gruppe der Angioneurosen berücksichtigt. — Besonderes Gewicht ist ferner gelegt auf die physiologische Topographie der Grosshirnoberfläche beim Menschen mit Rücksicht auf die neuen Untersuchungen über die Localisation der Gehirnfunctionen. — Auch in Bezug auf die Physiologie der Sinneswerkzeuge ist nach gleichem Principe verfahren: die Refractionsanomalien des Auges, die Brillenlehre, die Ophthalmoskopie, das Orthoskop, die Farbenblindheit und die praktische Bedeutung derselben, ferner die Untersuchungen über die Functionen der übrigen Sinnesorgane und ihre vornehmlichsten Störungen liefern hierfür Belege. Die Entwickelungsgeschichte hat namentlich überall den Hemmungsbildungen, als den vornehmlichsten Formen der Missbildungen Rechnung getragen — ebenso einer möglichst genauen Zeitbestimmung in der Entwickelung menschlicher Früchte.

Dieser vorgezeichnete Plan hat es mit sich gebracht, dass an vielen Stellen des Buches die Grenzgebiete der pathologischen Physiologie und der klinischen Untersuchungsmethoden betreten werden mussten.

Bei der Darstellung war es das Bestreben des Verfassers, möglichst kurz und übersichtlich zu sein. Weitschweifige Discussionen sind grundsätzlich vermieden. Dabei ist im Aeusseren überall die Anordnung so gemacht, dass schon

durch den Druck das Wichtigere und das rein normal Physiologische hervortritt. Auch kann zunächst der Anfänger ohne Störung die pathologisch-physiologischen Abschnitte übergehen; der Studirende in den klinischen Semestern wird jedoch mit Vortheil von den letzteren aus das Gebiet der normalen Physiologie repetiren.

Der Verfasser hat es ferner für gerathen befunden, einem jeden Abschnitte der Physiologie einen kurzen Abriss der geschichtlichen Entwickelung der betreffenden Disciplin anzufügen, ebenso einen Ueberblick über die vergleichende Physiologie des Thierreiches. — Endlich ist die Histologie und mikroskopische Anatomie in jedem Abschnitte eingehender berücksichtigt, als dies in den meisten physiologischen Lehrbüchern der Fall zu sein pflegt.

Durch den hiermit entwickelten Grundplan in der gesammten Darstellung glaubte ich das Erscheinen des vorliegenden Werkes rechtfertigen zu können.

Dass der entworfene Plan für die Darstellung kein Fehlgriff gewesen, beweisen mir die vielfachen Besprechungen in den medicinischen Blättern von Nord- und Süddeutschland, Oesterreich, der Schweiz, Ungarn, Russland, Frankreich. Italien, Skandinavien, die das Buch mit Wohlwollen und Anerkennung begrüsst haben.

Ganz besonders aber hat es den Verfasser gefreut, dass auch aus den Reihen der Physiologen dem Buche Beifall gezollt worden ist. Lediglich um etwaige Bedenken derjenigen zu zerstreuen, welche vielleicht in der versuchten Anlehnung der Physiologie an die praktischen Zweige der Heilkunde die wissenschaftliche Hoheit unserer für die gesammte Medicin fundamentalen Disciplin gefährdet sehen könnten, gestatte ich mir einige Worte aus einem Briefe eines unserer geistreichsten und erfahrensten Physiologen hierher zu setzen.

„Wenn Jemand ein Handbuch veröffentlicht, wie dasjenige, dessen erste Hälfte von Ihnen jetzt vorliegt, dann hat er den Dank nicht blos der Lernenden, sondern auch des Lehrers und Forschers. Und da mein Ehrgeiz darauf gerichtet ist, die drei bezeichneten Eigenschaften in mir zu vereinigen, so sei Ihnen mein Dank aus vollem Herzen zugebracht. Ihre pathologischen Ausführungen sind in ihrer gedrängten Kürze so meisterhaft klar, dass ich mir von Ihrem Buche die heilsamste Wirkung und Rückwirkung auch auf klinischem Gebiete verspreche. — — — Rom, 10. April 1879. Ihr ergebener College Jac. Moleschott.“

Wenn diese Worte sich erfüllen sollten, würde ich hierin den schönsten Lohn meines Strebens sehen. — Mir hat in meiner akademischen Lehrthätigkeit stets in erster Linie vorgeschwebt, dass mein Hauptziel in der gründlichen Vorbildung physiologisch denkender Aerzte liegen müsse. Und wenn man mir diesem meinem Ziele gegenüber das stolzer klingende Wort „wir bilden Physiologen“ entgegen halten wollte, so würde mich dieses von meiner Richtung als Lehrer nicht entwegen, von der ich nun einmal fest glaube, um mit dem Altmeister Herophilus zu reden: ἔστω ταῦτα εἶναι πρῶτα, εἰ καὶ μή ἐστι πρῶτα.

Der Verlagshandlung drängt es mich, meinen aufrichtigsten besten Dank auszusprechen für die stets bereite Geneigtheit, allen Wünschen für die schöne Ausstattung des Buches in ausgiebigster Weise gerecht zu werden. — Eine Anzahl Abbildungen für die zweite Hälfte des Buches sind den Werken von Prof. Loebisch über Harnanalyse; Dr. Klein über Augenheilkunde; Dr. Ultzmann über Hämaturie; Prof. Schnitzler über Laryngoskopie; Prof. Kaposi über Hautkrankheiten; Prof. Albert über Chirurgie, die sämmtlich im Verlage der Herren Urban & Schwarzenberg erschienen sind, entnommen worden.

Für die Herstellung der von mir selbst entworfenen Zeichnungen sage ich dem Herrn F. X. Matoloni in Wien, dessen vortreffliche Leistungen ich hiermit öffentlich als mustergiltig bezeichnen darf, meinen besten Dank.

Greifswald, den 10. November 1879.

L. Landois.

Inhalt.

Allgemeine Einleitung.

Seite

Physiologie des Blutes.

Die Gase des Blutes.

Physiologie des Kreislaufes.

Die Kreislaufsbewegung.

Physiologie der Athmung.

Physiologie der Verdauung.

Physiologie der Resorption.

Physiologie der thierischen Wärme.

Physiologie des Stoffwechsels.

Seite

Erscheinungen und Gesetze des Stoffwechsels.

Uebersicht der chemischen Bestandtheile des Organismus.

Die Absonderung des Harnes.

Elektrophysiologie. Seite

Physiologie der peripheren Nerven.

Physiologie der Nerven-Centra.

Das Rückenmark.

Das Gehirn.

Seite

Physiologie der Sinneswerkzeuge.

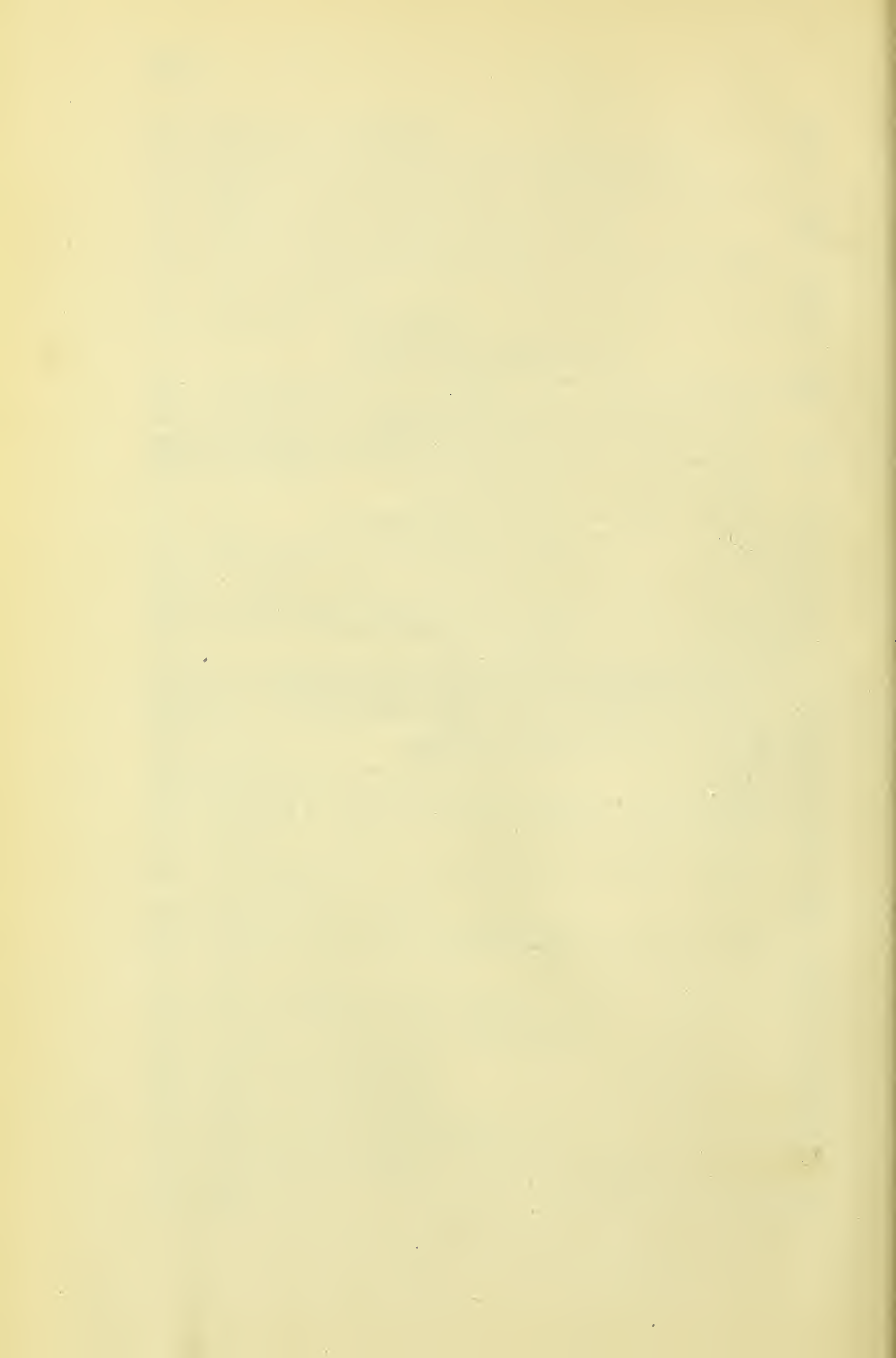
Das Sehwerkzeug.

Das Gehörorgan.

Physiologie der Zeugung und Entwickelung.

Verbesserungen und Zusätze.

Pg. 3, 14. Zeile von Oben: lies mit statt und.
„ 49, 11 Z. v. U.: setze hinzu: „Die Crusta bildet sich auch noch unter anderen Verhältnissen, und zwar ist die Ursache der Bildung nicht immer klar: bei grösserem specifischem Gewicht der Blutkörperchen, oder geringerem des Plasmas (wie in der Hydraemie und Chlorose), wodurch sich erstere schneller senken, und in der Schwangerschaft. Je höher und enger das Gefäss, um so höher ist die Crusta."
„ 77 ist beim „Herz" auf Fig. 108, 8, 9, 6 hinzuweisen.
„ 125, 18. Z. v. O.: lies Arnold statt Cohnheim.
„ 272, 20. Z. v. O.: lies Molekularbewegung statt Muskularbewegung.
„ 289, 5. Z. v. U. ist vor Masius einzuschalten: „Centrum anospinale" Budge's.
„ 320, 21. Z. v. O.: ist von „welches" an zu streichen.
„ 336, 15. Z. v. U.: setze hinter Sarcina ventriculi vgl. pg. 500, Fig. 100b.
„ 341, 22. Z. v. O.: lies Blätterhöhle statt Blüthenhöhle.
„ 460, letzte Zeile: lies Neurin statt neurin-
„ 480. Setze zu Kreatinin folgende Reaction hinzu: „Einige Tropfen sehr verdünnten Nitroprussidnatriums und dann verdünnte Natronlauge zu 5 Cmtr. Harn hinzugesetzt, gibt schön rubinrothe Farbe". (Th. Weyl).
„ 489, 4. Z. v. U.: lies niedere statt andere.
„ 643, 18. Z. v. O.: lies Meissner statt Thiry.
„ 665, 16. Z. v. O.: setze hinter Oculimotorius „sowie Lidschuss und Thränenfluss".
„ 668, 19. Z. v. O.: setze hinter Ciliarnerven „ausser den pg. 665, 2, 3 genannten Oculimotoriusfasern".



1. Inbegriff, Aufgabe und Stellung der Physiologie

zu den verwandten Zweigen der Naturkunde.

Definition und Aufgabe der Physiologie.

Die Physiologie ist die Wissenschaft von den Lebenserscheinungen der Organismen, oder schlechtweg: die Lehre vom Leben. — Der Eintheilung der Organismen entsprechend unterscheidet man Thierphysiologie, Pflanzenphysiologie und die Physiologie der niederen Organismen, welche auf der Grenze von Thier und Pflanze stehen, der sogenannten Protisten, und der mit ihnen auf gleicher Stufe stehenden Elementarorganismen oder Zellen.

Ihre Aufgabe ist es, diese Erscheinungen festzustellen, ihre Gesetzmässigkeit und Ursachen zu bestimmen und dieselben auf die allgemeinen Grundgesetze der Naturkunde, namentlich auf die der Physik und Chemie zurückzuführen.

Stellung derselben.

Die Stellung der Physiologie zu den verwandten Zweigen der Naturkunde ergibt sich aus nachfolgendem Schema.

Biologie,

die Wissenschaft von den organisirten Wesen, den Geschöpfen: (Thiere, Pflanzen, Protisten und Elementarorganismen).

I. Morphologie. Die Lehre von der Gestaltung der Geschöpfe.		II. Physiologie. Lehre von den Lebenserscheinungen der Geschöpfe.	
Allgemeine Morphologie, Lehre von den geformten Grundbestandtheilen der Geschöpfe (Histologie): a) Histologie der Pflanzen. b) Histologie der Thiere.	Specielle Morphologie, Lehre von den Theilen und Organen der Geschöpfe (Organologie, Anatomie): a) Phytotomie. b) Zootomie.	Allgemeine Physiologie, Lehre von den Lebenserscheinungen im Allgemeinen: a) der Pflanzen, b) der Thiere.	Specielle Physiologie, Lehre von den Verrichtungen der Einzelorgane: a) der Pflanzen, b) der Thiere.

III. Embryologie.

Lehre von der *Zeugung* und *Entwickelung* der Geschöpfe.

Morphologischer Theil der Entwickelungslehre	Embryologie	Physiologischer Theil der Entwickelungslehre
Morphologischer Theil der Entwickelungslehre, d. i. die Lehre von der *Gestaltung* auf den Stufen der Entwickelung: a) im Allgemeinen, b) im Speciellen.	1. Entwickelungsgeschichte des *Einzelwesens*, des Individuums, (z. B. des Menschen), von seinem Keime an (Ontogenie): a) im Pflanzenreiche, b) im Thierreiche. 2. Entwickelungsgeschichte *ganzer* Stämme von Geschöpfen, von den niedrigsten Formen der Schöpfung an, „*Stammesgeschichte*" (Phylogenie): a) im Pflanzenreiche, b) im Thierreiche.	*Physiologischer Theil* der Entwickelungslehre, d. i. die Lehre von der *Thätigkeit* während der Entwickelung: a) im Allgemeinen, b) im Speciellen.

Will man denjenigen Geschöpfen, welche auf der niedrigsten Stufe der Entwickelung stehen und, gewissermassen die Urform in der Stammesgeschichte repräsentirend, noch keine Differenzirung in Thier und Pflanze erfahren haben, diesen sogenannten *Protisten* (*Haeckel*) eine besondere Stellung im Systeme der Geschöpfe anweisen, so würde auch in der vorstehenden Darstellung ebenfalls den Protisten neben Thieren und Pflanzen ein selbstständiger Platz gebühren.

Die *Morphologie* und *Physiologie* sind *gleichgeordnete Glieder* der grossen biologischen Wissenschaft. Für das *Verständniss der Physiologie* wird indess die *Kenntniss der Morphologie vorausgesetzt*, weil nur dann die Leistung eines Organes richtig erfasst werden kann, wenn dessen äussere Gestaltung und inneres Gefüge zuvor erkannt ist. Die *Entwickelungsgeschichte* nimmt eine *Mittelstellung zwischen Morphologie* und *Physiologie* ein: sie ist eine *morphologische* Disciplin, sofern sich dieselbe mit der *Beschreibung der Theile* des sich *Entwickelnden* befasst; sie ist eine *physiologische Lehre*, soweit sie die *Thätigkeiten* und *Lebenserscheinungen* im Entwickelungslaufe der Geschöpfe ergründet.

In allen Zweigen der morphologischen Wissenschaften ist vor Allem bis zu den physikalischen und chemischen Grundgesetzen vorzudringen.

2. Die Materie.

Die Materie und der Lichtäther.

Die ganze sichtbare Welt mit Einschluss aller Geschöpfe besteht aus der *Materie*, d. h. aus dem Stoffe, der Substanz, die einen Raum ausfüllt.

Wir unterscheiden *ponderable* Materie (im gewöhnlichen Sprachgebrauch oft schlechtweg *Stoff* genannt), die auf die Wage drückt, und *imponderable* Materie, die nicht auf die Wage drückt. Letztere nennen wir *Aether* (auch leuchtenden Aether, oder Lichtäther).

An der ponderablen Materie, den Körpern, nehmen wir wahr die *Form* (oder Gestalt), d. i. die Beschaffenheit der

Begrenzung, — ferner das Volumen, d. i. die Grösse des von einem Körper eingenommenen Raumes, — und sodann den Aggregatzustand, der als fester, flüssiger oder gasförmiger in die Erscheinung tritt.

Eigenschaften des Lichtäthers.

Der Aether erfüllt die Räume des Universums, jedenfalls sicher bis zu den entferntesten sichtbaren Gestirnen. Dieser Lichtäther besitzt trotz seiner Imponderabilität ganz bestimmte mechanische Eigenschaften: er ist unendlich viel dünner, als irgend eine bekannte Gasart, und dennoch gleicht sein Verhalten eher dem eines festen Körpers, als dem eines Gases. Er gleicht eher einer Gallertmasse, als der Luft. Er nimmt Theil an den bei ihrer Lichterscheinung stattfindenden Schwingungen der Atome der fernsten Sterne, und ist so der Träger des Lichtes, welches er in seinen Vibrationen und unvorstellbarer Geschwindigkeit zu unseren Sehwerkzeugen leitet (Tyndall).

Imponderable Materie (Aether) und ponderable Materie (Stoff) sind nicht ausschliesslich gegen einander abgegrenzt, vielmehr durchdringt der Aether die vorhandenen Zwischenräume der kleinsten Theilchen der ponderablen Materie.

Zerlegung des Stoffes in Partikeln.

Denken wir uns die ponderable Materie fort und fort in stets kleinere Theilchen zerlegt, so würden wir bei fortschreitender Zerlegung zunächst auf Theilchen stossen, an denen der Aggregatzustand noch erkennbar ist. Diese nennen wir Partikeln. Die Partikeln des Eisens würden wir somit noch als fest, die des Wassers als tropfbar flüssig, die des Sauerstoffes noch als gasförmig erkennen.

Molekule.

Denken wir uns den Theilungsprocess an den Partikeln noch weiter geführt, so gelangen wir endlich bis zur Grenze, über die hinaus eine weitere Spaltung weder durch mechanische noch auch durch physikalische Mittel weiter geführt werden kann. Wir dringen vor bis zu den Molekulen. Ein Molekul ist demnach die geringste Menge eines Körpers, welche im freien Zustande noch existiren kann, welche ferner in der Einheit nicht mehr den Aggregatzustand anzeigt.

Atome.

Allein die Molekule sind noch nicht die letzten Endeinheiten der Körper. Vielmehr besteht jedes Molekul aus einer Gruppe kleinster Einheiten, welche wir Atome nennen. Ein Atom für sich kann im freien Zustande allein nicht mehr vorkommen, vielmehr vereinigen sich die Atome mit materiell gleichen oder verschiedenen Atomen zu Atomencomplexen, die wir Molekule genannt haben. Den Atomen kommt unbedingte Untheilbarkeit zu, woher auch ihre Benennung. Wir denken uns ferner die Atome von constanter Grösse und an sich fest. Vom chemischen Gesichtspunkte aus ist das Atom eines Elementarkörpers (Elementes) die geringste Menge des Elementes, welche in eine chemische Verbindung

Verhältniss der Stoff-Atome zu den Aetheratomen.

einzutreten vermag. — Sowie die ponderable Materie als ihre letzten Theilchen die ponderablen Atome in sich fasst, so setzt sich auch der Aether, die imponderable Materie, aus analogen kleinsten Theilchen, den Aetheratomen, zusammen.

Innerhalb der ponderablen Materie sind nun die ponderablen Atome mit den Aetheratomen in ganz bestimmten Verhältnissen zu einander angeordnet. Die ponderablen Atome ziehen sich gegenseitig an (Attraction), die ponderablen Atome ziehen gleichfalls die imponderablen Aetheratome an sich; allein die Aetheratome stossen sich unter einander ab. So kommt es, dass in der ponderablen Masse um jedes ponderable Atom sich Aetheratome herumlagern. Diese Häufchen, von

Dynamide.

Redtenbacher „Dynamide“ genannt, streben vermöge der Anziehungskraft der ponderablen Atome zu einander hin, aber nur so weit, als die Abstossung der umlagernden Aetheratome dies zugibt. So können die ponderablen Atome niemals ohne Zwischenräume zusammenkleben, sondern die ganze Materie ist als locker zu denken, eben durch die zwischengelagerten Aetheratome, die jedem unmittelbaren Contacte der ponderablen Atome widerstreben.

Von der gegenseitigen Anordnung der Molekule (also derjenigen kleinen Theilchen der Materie, welche noch im freien

Aggregatzustände.

Zustande isolirt vorkommen können) hängt nun der Aggregatzustand der Körper ab.

Innerhalb der festen Körper, die sich durch eine Beständigkeit des Volumens, sowie durch die Selbstständigkeit ihrer Form auszeichnen, sind die Molekule in unverschieblicher Lage zu einander angeordnet.

Die tropfbar flüssigen Körper, denen zwar die Beständigkeit ihres Volumens, jedoch eine Veränderlichkeit ihrer Form eigenthümlich ist, haben ihre Molekule in einer steten Bewegung, ähnlich (so sagt ein passender Vergleich) wie in einer Masse wimmelnder Würmer oder Käferchen die einzelnen Thiere zu einander unablässig ihren Ort wechseln.

Nimmt diese Bewegung der Molekule so grosse Excursionen an, dass die einzelnen auseinander stieben (ähnlich wie der wimmelnde Haufe kleiner Käfer zu einem aufgelösten Schwarme auseinanderfliegt), so wird der Körper gasförmig und ist als solcher sowohl durch die Unbeständigkeit der Form als auch durch die Veränderlichkeit des Volumens ausgezeichnet.

Das Studium der Molekule und ihrer Bewegungserscheinungen ist die Aufgabe der Physik.

3. Kräfte.

1. Die Schwerkraft; Arbeit einer Kraft. — Alle Erscheinungen haften an der Materie. Die Erscheinungen sind der wahrnehmbare Ausdruck der dem Stoffe innewohnenden Kräfte. Die Kräfte selbst sind nicht wahrnehmbar, sie sind die Ursachen der Erscheinungen.

Schwerkraft; Fallgesetz.

Als die erste der Kräfte, welche in die Erscheinung tritt, behandeln wir die Schwerkraft oder Gravitation. Das Gesetz der Schwerkraft sagt an, dass jedes Theilchen der ponderablen Materie im Universum jedes andere mit einer gewissen Kraft anzieht. Diese Kraft nimmt in dem Verhältnisse ab, wie das Quadrat der Entfernungen zwischen den Körpern zunimmt. Die Anziehungskraft ist ferner direct proportional der Quantität der anziehenden Materie, jedoch ohne jegliche Rücksicht auf die Qualität der Körper. Wir vermögen die Intensität der Schwerkraft zu messen durch die Grösse der Bewegung, welche sie einem vordem unterstützten, nunmehr aber seiner Unterlage beraubten und im luftleeren Raume frei niederfallenden Körper mittheilt. Diese Zahl ist 30,16, weil die Schwerkraft während 1 Secunde auf den freifallenden Körper einwirkend, diesem eine Geschwindigkeit von 30,16 par. Fuss (= 9,809 Meter) mittheilt.

Wir bezeichnen mit g = 9,809 Meter die (experimentell bestimmte) Endgeschwindigkeit des freifallenden Körpers am Ende der 1. Secunde. Die Geschwindigkeit v des freifallenden Körpers ist überhaupt der verflossenen Fallzeit t proportional;

$$\text{also } v = gt \quad \dots\dots\dots \quad (1)$$

d. i. für das Ende der 1. Secunde $v = g \cdot 1 = g = 9{,}809$ M. Der Fallraum

$$s = \frac{g}{2} t^2 \quad \dots\dots\dots\dots \quad (2)$$

d. h. die Fallräume verhalten sich wie die Quadrate der Fallzeiten. Aus 1 und 2 folgt (durch Elimination von t)

$$v = \sqrt{2gs} \quad \dots\dots\dots \quad (3)$$

Die Geschwindigkeiten verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus den Fallräumen;

$$\text{also: } \frac{v^2}{2g} = s \quad \dots\dots\dots\dots \quad (4)$$

Lebendige Kraft des fallenden Körpers.

Unser freifallender Körper, aber auch überhaupt jeder sich in Bewegung befindende Körper enthält lebendige Kraft in sich, er ist gewissermassen ein Kraftmagazin. Die lebendige Kraft eines in Bewegung begriffenen Körpers ist stets gleich dem Producte seines (durch die Wage bestimmbaren) Gewichtes und der Höhe, bis zu welcher er vom Erdboden aufsteigen würde, wenn er mit der ihm eigenen Geschwindigkeit vom Boden emporgeworfen würde.

Bezeichnen wir mit W die lebendige Kraft des sich bewegenden Körpers und mit P sein Gewicht, so ist $W = P \cdot s$, also folgt aus (4) $W = P \frac{v^2}{2g}$ . . (5)

Die lebendige Kraft eines Körpers ist also dem Quadrate seiner Geschwindigkeit proportional.

Arbeit. Treibt eine auf einen Körper wirkende beschleunigende Kraft (Druck, Zug oder Spannung) denselben in der Richtung ihrer Wirkung eine Strecke weit fort, so leistet die Kraft hiermit eine Arbeit. Diese Arbeit ist gleich dem Product, das gewonnen wird, wenn man die Grösse des Druckes oder Zuges, welche den Körper fortbewegt, multiplicirt mit der Länge des durchlaufenen Weges.

Ist K der Druck oder der Zug, mit dem die Kraft auf den Körper einwirkt, und S der Weg, dann ist die Arbeit $A = K \cdot S$. So ist auch die Anziehung zwischen Erde und einem emporgehobenen Körper (z. B. einem Rammblock) Quelle der Arbeit.

Man ist gewohnt, den Werth für K in Kilogrammen, hingegen den für S in Metern auszudrücken. Demgemäss ist die „Arbeitseinheit" das Kilogrammmeter (nach Anderen das Grammmeter), d. h. die Kraft, welche 1 Kilo (nach Anderen 1 Gramm) 1 Meter hoch zu heben vermag.

2. Spannkraft. Umsatz von Spannkraft in lebendige Kraft und umgekehrt. — Ausser der besprochenen lebendigen Arbeit kann auch den Körpern mechanische Spannkraft zu eigen sein. *Mechanische Spannkraft.* Wir verstehen unter dieser Bezeichnung ein Maass von Kräften, welche in ihrer freien Entfaltung noch suspendirt sind, welche ferner Bewegungsursachen sind, ohne schon selbst Bewegung zu sein. Die aufgewundene Uhrfeder, die ein Sperrhaken von der Abwickelung noch zurückhält, — der auf dem Gesimse eines Thurmes ruhende Stein sind Beispiele von Körpern, welche mit Spannkraft ausgerüstet sind. Es bedarf nur eines Anstosses, um aus den Spannkräften die lebendige Arbeit zu entwickeln, oder dieselben in lebendige Arbeit umzusetzen.

Der auf dem Gesimse des Thurmes liegende Stein ist dorthin gehoben mittels einer Arbeit (A).

$A = p \cdot s$, worin p das Gewicht und s die Höhe bedeutet.
$p = m \cdot g$, also gleich dem Product aus Masse (m) und Schwerkraft (g), also ist $A = m \cdot g \cdot s$.

Umsetzung mechanischer Spannkraft in lebendige Kraft. Dies ist zugleich der Ausdruck für die dem Steine innewohnende Spannkraft. Diese Spannkraft kann alsobald in lebendige Arbeit umgesetzt werden, wenn ein leichter Anstoss den Stein vom Rande des Thurmes zum Fallen bringt. Die lebendige Kraft des Steines ist nämlich gleich der Endgeschwindigkeit, mit welcher er auf dem Boden ankommt.

$$v = \sqrt{2 g s} \text{ (siehe oben (3)}$$
$$v^2 = 2 g s$$
$$m v^2 = 2 m g s$$
$$\frac{m}{2} v^2 = m g s$$

m g s war der Ausdruck für die dem hoch oben noch

ruhenden Steine innewohnende Spannkraft; $\frac{m}{2}v^2$ ist also die dieser Spannkraft entsprechende lebendige Kraft. (Brücke.)

Lebendige Kraft und mechanische Spannkraft können unter den verschiedenartigsten Verhältnissen in einander umgesetzt werden; sie können auch von einem Körper auf den anderen übertragen werden.

Für ersteres liefert die Pendelbewegung ein schlagendes Beispiel: Die in dem höchsten Punkte des Ausschlages sich befindende Pendellinse, die hier für ein kurzes Moment in absoluter Ruhe gedacht werden muss, ist (gerade wie der erhobene Stein unseres vorigen Beispieles) mit Spannkraft ausgerüstet. In der nunmehr sich vollziehenden freien Schwingung setzt sich diese Spannkraft in lebendige Arbeit um, welche dann am grössten ist, wenn die Linse mit grösster Bewegung sich in der Verticalen befindet. Von diesem Punkte wieder emporsteigend, setzt sich unter Abnahme der freien Bewegung die lebendige Arbeit wieder in Spannkraft um, die wieder im Ruhepunkte des höchsten Ausschlages ihr Maximum erreicht. Ohne die fort und fort einwirkenden Widerstände (Luftwiderstand, Reibung) würde an dem Pendel dieses Spiel des abwechselnden Umsatzes von lebendiger Arbeit in Spannkraft und umgekehrt ununterbrochen fortwirken (wie am mathematischen Pendel). Denken wir uns, die schwingende Pendellinse träfe genau in der Verticalen auf einen hier ruhenden beweglichen Körper, etwa eine Kugel, so würde (vollkommene Elasticität der Pendellinse und der Kugel vorausgesetzt) die lebendige Arbeit der Pendellinse sich direct auf die Kugel übertragen: das Pendel würde zur Ruhe kommen, die Kugel würde sich (wiederum von den Widerständen abgesehen), mit gleicher lebendiger Arbeit fortbewegen. Das ist ein Beispiel von der Uebertragung von lebendiger Arbeit von einem Körper auf den anderen. Endlich wollen wir uns vorstellen, eine gespannte Uhrfeder bringe bei ihrer Entspannung eine andere zum Aufrollen, so ist dies ein Beispiel der Uebertragung der Spannkraft eines Körpers auf einen anderen.

Aus den gegebenen Beispielen lässt sich der allgemeine Satz herleiten: Wenn in einem Systeme sich die einzelnen sich bewegenden Massen der endlichen Gleichgewichtslage nähern, so wird in dem Systeme die Summe der lebendigen Kräfte vergrössert, und wenn die Theilchen sich von der endlichen Gleichgewichtslage entfernen, wird die Summe der Spannkräfte auf Kosten der lebendigen Kräfte vergrössert, also die lebendigen Kräfte nehmen ab. (Brücke.)

Das Pendel, welches vom höchsten Ausschlagspunkte an sich den Verticalen (der Gleichgewichtslage eines ruhenden Pendels) nähert, erhält hier das grösste Mass lebendiger Kraft; wiederum aufsteigend dem höchsten Ausschlagspunkte der anderen Seite erhält es auf Kosten der stetig abnehmenden Bewegung und somit auch der lebendigen Kraft wiederum allmälig die Summe der Spannkraft.

Umsatz lebendiger Arbeitskraft in Wärme.

3. Wärme. Verhältniss derselben zur lebendigen Arbeit und zur Spannkraft. Stürzt von der Höhe des Thurmes ein Bleigewicht zur Erde nieder und stösst hier auf eine unnachgiebige Grundlage, so kommt hier zwar seine Massenbewegung zur Ruhe, allein die lebendige Kraft, die dem Auge zu erlöschen scheint, setzt sich um in eine lebhaft schwingende

Bewegung der Atome. Beim Aufschlagen findet eine Erwärmung statt. Die Menge der erzeugten Wärme ist proportional der lebendigen Kraft, welche durch den Zusammenstoss umgesetzt wird. Im Momente des Aufschlagens des Fallgewichtes gerathen die Atome durch die Erschütterung in Schwingungen: sie stossen gegen einander, prallen dann wieder von einander zurück in Folge der elastischen Kraft, welche einer unmittelbaren Aneinanderlagerung derselben widerstrebt, sie weichen bis zum Maximum auseinander, soweit die Attractionskraft der ponderablen Atome es zulässt, und oscilliren auf diese Weise hin und her. Alle Atome schwingen wie Pendel so lange, bis ihre Bewegung sich den ringsumher befindlichen Aetheratomen allseitig mitgetheilt hat, d. h. bis die Wärme der erhitzten Massen „ausgestrahlt" ist. Die Wärme ist eine schwingende Bewegung der Atome.

Wesen der Wärme.

Da die Menge der erzeugten Wärme proportional ist der lebendigen Kraft, welche durch den Zusammenstoss umgesetzt wird, so muss für beide Kräfte ein adäquates Mass zu finden sein.

Die Wärmeeinheit

Für Wärmemass gilt als Einheit die „Wärmeeinheit" (die Calorie), d. h. diejenige Kraft, welche 1 Gramm Wasser um 1° Celsius erwärmt.

entspricht der Arbeitseinheit.

Diese Wärmeeinheit entspricht 425,5 Gramm-Metern, d. h. dieselbe Kraft, welche 1 Gramm Wasser um 1° C. erwärmt, vermag ein Gewicht von 425,5 Gramm 1 Meter emporzuheben. Oder: ein Gewicht von 425,5 Gramm, von der Höhe eines Meters herniederstürzend, würde beim Aufschlag soviel Wärme erzeugen, dass durch sie 1 Gramm Wasser um 1° C. höher temperirt würde. Das „mechanische Aequivalent" der Wärmeeinheit ist also 425,5 Gramm-Meter.

Die Attractionskraft d. wahrscheinliche Urquelle aller Kräfte.

Es ist einleuchtend, dass aus dem Zusammenstoss bewegter Massen eine Wärmemenge von unermesslicher Grösse umgesetzt werden kann. Denken wir uns das Gesagte auf die Weltkörper angewandt, so würde ihr Zusammenstoss eine Wärmemenge abgeben grösser, als irgend welche irdische Verbrennung sie jemals zu liefern vermöchte. Würde die Erde plötzlich in ihrer Bahn gestört und stürzte dieselbe nunmehr durch die Attraction in die Sonne (wobei sie eine Endgeschwindigkeit von 85 geographischen Meilen in einer Secunde schliesslich erhalten haben würde, J. R. Mayer), so würde durch den Zusammensturz eine Wärmemenge entstehen, gleich der durch die Verbrennung von über 5000 gleich schweren Massen reinen Kohlenstoffes gelieferten (Julius Robert Mayer, Helmholtz). Es kann auf solche Weise überhaupt naturwissenschaftlich der Nachweis geliefert werden, wie auch die Sonnenwärme selbst durch den Zusammenprall der kalten Materie hervorgegangen sein kann. Würde die kalte Materie des Universums in den Raum geworfen und dort der Anziehung ihrer Theilchen überlassen, so würde der Zusammenstoss dieser Theilchen schliesslich das Feuer der Sterne erzeugen. So prallen noch jetzt im Weltenraume viele kosmische Körper zusammen, fortwährend stürzen unermesslich viele (in jeder Minute 94.000—188.000 Billionen Kilo) Meteore in die Sonne. So ist die Wirkung der Attractionskraft (der Schwerkraft) in der That vielleicht der alleinige Ursprung aller Wärme (J. R. Mayer, Tyndall).

Als Beispiel von dem Umsatze lebendiger Arbeit in Wärme mag gelten: ein Schmied macht durch Hämmern ein Stück Eisen glühend. Beispiel vom

Umsatz der Wärme in lebendige Arbeit: die heissen Wasserdämpfe der Dampfmaschine heben den Kolben empor. Beispiel vom Umsatz einer Spannkraft in Wärme: eine sich abwickelnde gespannte Metallfeder bringt auf rauher Grundlage sich reibend durch Friction Wärme hervor. Beispiele dieser Art sowie anderer Wechselwirkungen lassen sich leicht in beliebiger Menge vorführen.

4. Chemische Affinitätskraft der Atome; Verhältniss zur Wärme. — Während die Schwerkraft auf die Theilchen der Materie wirkt ohne jede Rücksicht auf die Beschaffenheit der Körper, finden wir im Reiche der Atome noch eine andere Kraft, welche zwischen den Atomen chemisch verschiedener Körper wirksam ist, die chemische Affinität. Diese ist die Kraft, vermittelst welcher die Atome chemisch verschiedener Körper sich zu einer chemischen Verbindung vereinigen. Die Kraft selbst ist zwischen den Atomen der verschiedenen chemischen Körper sehr verschieden gross, wir unterscheiden starke chemische Affinitäten (oder Verwandtschaften) und schwache Affinitäten. Sowie wir im Stande waren, die lebendige Kraft eines bewegten Körpers zu bemessen aus der Menge der Wärme, welche er beim Anprall gegen eine unnachgiebige Unterlage umsetzt, so kann man auch die Grösse der chemischen Verwandtschaftskräfte messen nach dem Masse der Wärme, welche gebildet wird, indem die Atome der chemisch verschiedenen Körper zu einer chemischen Verbindung zusammentreten. Denn wenn aus gesonderten chemisch verschiedenartigen Atomen ein zusammengesetzter Körper sich bildet, so entsteht in der Regel eine Wärmebildung. Wenn durch die Affinitätskraft getrieben die Atome von 1 Kilo Wasserstoff und 8 Kilo Sauerstoff zu der chemischen Verbindung Wasser zusammenstürzen, so wird eine Wärmemenge erzeugt, welche derjenigen gleich ist, die durch Aufprallen eines niederstürzenden Gewichtes von 47.000 Kilo von einer Höhe von 1000 Fuss über der Erdoberfläche entsteht. — 1 Gramm H zu Wasser unter O-Zutritt verbrannt liefert 34.460 Wärme-Einheiten (Calorien); 1 Gramm C zu Kohlensäure verbrannt 8080 Wärme-Einheiten. — Ueberall, wo bei chemischen Processen stärkere Affinitäten gesättigt werden, wird Wärme frei, d. h. aus der Affinitätskraft umgesetzt. Die Affinitätskraft ist eine zwischen den verschiedenen Atomen herrschende Spannkraft, welche im chemischen Process in Wärme umgesetzt wird. So ist es auch erklärlich, dass bei denjenigen chemischen Processen, durch welche starke Affinitäten gelöst werden, bei denen die chemisch verbundenen Atome wieder von einander getrennt werden, eine Abkühlung entsteht oder, wie man sagt, Wärme latent wird. Das heisst, es wird die Kraft der latent gewordenen Wärme in chemische Spannkraft umgesetzt, die nunmehr nach Zerlegung des zusammengesetzten chemischen Körpers zwischen seinen isolirten differenten Atomen als chemische Affinität wieder hergestellt ist.

Die chemische Affinitätskraft bewirkt chemische Verbindungen.

Mass der chemischen Verwandtschaftskräfte.

4. Gesetz von der Constanz der Kraft.

Julius Robert Mayer und Helmholtz haben das wichtige Gesetz aufgestellt, dass in einem Systeme, welches von aussen her keine Beeinflussung und Einwirkung erfährt, die Summe aller in demselben wirksamen Kräfte sich stets gleich gross erhält. Die Kräfte können wohl in einander übergeführt werden, so dass Spannkräfte sich in lebendige Kräfte umsetzen und umgekehrt, aber niemals geht auch nur irgend ein Theil der Kraft verloren. Der Umsatz, welcher an den Kräften sich vollzieht, geht ferner nach ganz bestimmtem Masse vor sich, so dass stets aus dem bestimmten Masse der einen Kraft ein ganz bestimmtes Mass der neu erscheinenden hervorgeht.

Das Mass aller in einem Systeme vorhandenen Kräfte bleibt stets gleich gross.

Die im Organismus wirksamen Kräfte.

Die im Organismus wirkenden Kräfte treten in den folgenden Modificationen in die Erscheinung:

1. Als Massenbewegung (gewöhnlich Bewegung schlechthin genannt), wie an der Bewegung der Gliedmassen und vieler Eingeweide, auch sogar mikroskopisch an Zellen wahrnehmbar.

2. Als Bewegung der Atome, als Wärme. Bekanntlich hängt es bei der Schwingung der Atome von der Grösse der Schwingungszahl in einer Zeiteinheit ab, ob sich die Oscillationen als Wärme, Licht oder chemisch wirksame Schwingungen zu erkennen geben. Die geringste Schwingungszahl haben die Wärmeschwingungen, die höchste die chemisch wirksamen, zwischen beiden stehen die Lichtschwingungen. Im Körper des Menschen hat man von diesen dreien nur Wärmeschwingungen beobachten können; manche niedere Organismen sind auch zu Lichterscheinungen befähigt.

Im menschlichen Organismus werden Massenbewegungen an einzelnen Organen constant in Wärme umgesetzt, wie z. B. die lebendige Kraft an den Circulationsorganen, die durch die Reibung in Wärme umgesetzt wird. Als Mass für diese Umsätze gilt auch hier die „Arbeitseinheit“ = 1 Metergramm und die „Wärmeeinheit“ = 425·5 Metergrammen.

3. Als Spannkräfte (latente Kräfte) enthält der Organismus viele chemische Verbindungen, die sich namentlich durch eine grosse Complicirtheit ihrer Constitution, geringe Sättigung der enthaltenen Affinitäten und daher durch ihre grössere Neigung zum Zerfall in einfachere Körper kennzeichnen.

Aus den Spannkräften vermag der Körper sowohl Wärme, als auch lebendige Arbeit, und zwar letztere stets mit ersterer vereint, erstere jedoch auch für sich allein, umzusetzen. Das einfachste Mass für die Spannkräfte ist das Wärmequantum, welches durch die Verbrennung der betreffenden, die Spannkraft repräsentirenden chemischen Körper, erhalten werden kann. In zweiter Linie kann dann wieder

aus der gelieferten Wärmemenge die Zahl der äquivalenten Arbeitseinheiten berechnet werden.

4. Es ist bekannt, dass die Erscheinungen der Elektricität, des Magnetismus und Diamagnetismus nach zwei Richtungen hin sich zu erkennen geben können: als Bewegung kleinster Theilchen, die wir in dem Glühen des von starken Strömen durchflossenen dünnen (viele Widerstände enthaltenden) Drahtes erkennen, und auch als Massenbewegung, die uns die Anziehung oder Ablenkung der Magnetnadel zeigt. Im Körper treten an den Muskeln und Nerven elektrische Erscheinungen zu Tage; dieselben sind indess den anderen Krafterscheinungen gegenüber nur von minimaler Grösse. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die elektrischen Kräfte im Körper sich fast ganz in Wärme umsetzen. Der Versuch jedoch, für die elektrischen Kräfte ein Mass zu gewinnen, die „Elektricitätseinheit“, die den directen Vergleich mit der „Wärme“- und „Arbeitseinheit“ gestattete, ist bis jetzt nicht mit sicherem Erfolge gekrönt.

Sicher ist, dass im Organismus die Kräfte nach ganz bestimmtem, sich stets gleich bleibendem Masse in einander übergeführt werden, dass niemals in demselben neue Kräfte durch sich selbst entstehen, noch vorhandene ausgelöscht werden, und so ist auch der Organismus die Stätte, in welcher sich das Gesetz von der Constanz der Kraft fort und fort im Wechsel offenbart.

Es mögen hier noch die eigenen Worte von Julius Robert Mayer Platz finden: „Es gibt nur eine einzige Kraft. In ewigem Wechsel kreist dieselbe in der todten und lebenden Natur, da und dort kein Vorgang ohne Formveränderung der Kraft. Die Physik hat nur die Metamorphosen der Kraft zu erforschen, wie die Chemie die Verwandlungen des Stoffes. Die Erschaffung wie die Vernichtung einer Kraft liegt ausser dem Bereiche des menschlichen Denkens und Wirkens; aus Nichts wird Nichts, Nichts kann zu Nichts werden. Lehrt die Chemie die Unveränderlichkeit des Stoffes, so hat die Physik die quantitative Unveränderlichkeit der Kraft trotz aller Veränderlichkeit in der Form nachzuweisen. Fallkraft, Bewegung, Wärme, Magnetismus, Elektricität, chemische Differenz sind alle nur verschiedene Darstellungsformen einer und derselben Naturkraft, die im Weltall herrscht, denn es kann jede unter besonderen Vorkehrungen von einer in die andere übergeführt werden.“

5. Thier und Pflanze.

Der thierische Körper enthält in seinen Körperbeständen eine Menge chemischer Spannkräfte aufgespeichert. Man würde die gesammte Menge dieser im menschlichen Körper messen können, wenn man einen ganzen Leichnam im Calorimeter

völlig verbrennte und sähe, wie viele Wärmeeinheiten aus seiner Veraschung sich bildeten.

Die chemischen Verbindungen, welche die Spannkräfte in sich fassen, zeichnen sich aus durch complicirte Lagerungsverhältnisse ihrer Atome, eine nur geringe Sättigung der Affinitäten der Atome, einen relativ geringen Sauerstoffgehalt und die grosse Neigung und Leichtigkeit zum Zerfalle.

Denken wir uns den Menschen zunächst ohne Nahrungszufuhr. Der Fastende verliert stündlich 50 Gramm an seinem Körpergewicht, sein die Spannkräfte bergendes Körpermaterial wird also verbraucht. Unter der Aufnahme von O findet nämlich fortwährend eine Verbrennung statt; durch den Verbrennungsprocess werden aus den complicirteren Körperbeständen einfachere umgebildet, wobei die zwischen ihnen herrschenden Spannkräfte in lebendige Kraft umgesetzt werden. Es bleibt sich gleich, ob die Verbrennung schnell oder langsam erfolgt, stets liefert das gleiche Mass derselben chemischen Bestände das gleiche Mass lebendiger Kraft, also z. B. Wärme.

Die Pflanze gibt dem Thiere die Spannkräfte der Nahrung.

Der Fastende fühlt nach einer gewissen Zeit den drohenden Erschöpfungszustand seiner Spannkraftreservoire: es stellt sich der Hunger ein. Der Hungernde nimmt Nahrung. Alle Nahrung für das Thierreich stammt entweder direct oder doch indirect aus dem Pflanzenreiche. Selbst der Fleischfresser, der das Fleisch anderer Thiere zu sich nimmt, verzehrt in letzteren schliesslich doch aus Pflanzennahrung gebildete organisirte Materie. So setzt die Existenz des Thierreiches die des Pflanzenreiches mit unbedingter Nothwendigkeit voraus.

Fette, Kohlehydrate, Eiweisskörper.

In den pflanzlichen Gebilden finden sich nun alle die für den Thierleib nothwendigen Nahrungsmittel. Neben dem Wasser und den anorganischen Beständen enthalten die Pflanzen unter anderen organischen Verbindungen namentlich auch die drei Hauptrepräsentanten der Nährkörper: Fette, Kohlehydrate und Eiweisskörper.

Alle diese enthalten reichliche Spannkräfte vermöge ihrer verwickelten chemischen Constitution.

Die Fette enthalten: $\begin{cases} C_n\,H_{2n-1}\,O\,(OH) = \text{fette Säuren} \\ +C_3\,H_5\,(OH)_3 = \text{Glycerin.} \end{cases}$

Die Kohlehydrate enthalten: $C_6\,H_{10}\,O_5$

Die Eiweisskörper enthalten in Procenten: $C_{52,7-54,5}$
$H_{6,9-7,3}$
$N_{15,4-16,5}$
$O_{20,9-23,5}$
$S_{0,9-1,6}$

Der Mensch, welcher ein gewisses Gewicht dieser Nahrungsmittel zu sich nimmt, fügt zu ihnen durch den Athmungsprocess den O der Luft. Es entsteht eine Verbrennung, bei welcher die chemischen Spannkräfte in Wärme zunächst umgesetzt werden.

Es ist einleuchtend, dass die Producte dieser Verbrennung Körper einfacher Constitution sein müssen: Körper von einfachem Gefüge der Atome, möglichst vollkommener Sättigung der Affinitäten der Atome, grosser Beständigkeit, theilweise reich an O, entweder gar keine, oder doch nur geringe chemische Spannkräfte mehr enthaltend. Diese Körper sind die Kohlensäure CO_2, das Wasser H_2O, und als wesentlicher Repräsentant der N-haltigen Auswürflinge der Harnstoff $CO(NH_2)_2$, der zwar noch mit geringer Spannkraft begabt ist, und ausserhalb des Körpers leicht zu CO_2 und Ammoniak NH_3 zerfällt.

Das Thier scheidet einfache Verbindungen aus.

So ist der thierische Leib ein Organismus, in welchem unter Oxydationserscheinungen die complicirten, hohe Spannkraft bergenden Nahrungsmittel des Pflanzenreiches zu einfachen chemischen Körpern umgewandelt werden, wobei die Spannkraft in das äquivalente Mass lebendiger Kraft (Wärme, Arbeit, elektrische Erscheinungen) umgesetzt wird.

Das Thier setzt aus chemischer Spannkraft der Pflanzennahrung lebendige Kräfte um.

Wie aber bilden nun die Pflanzen, die als die ersten Kinder der Schöpfung keine spannkraftbergenden Körper zu ihrer Ernährung vorfanden und noch gegenwärtig ihrer nicht bedürfen — wie bilden die Pflanzen jene oben genannten complicirten Nährstoffe, reich an aufgespeicherter Spannkraft? — Diese Spannkraft der pflanzlichen Theile muss offenbar aus einer anderen Kraft hervorgegangen sein, denn sie vermag sich doch nicht aus Nichts zu bilden. Diese lebendige Kraft wird der Pflanze zugesandt durch den Strahl der Sonne, dessen chemische Lichtstrahlen sie absorbirt. Ohne Sonnenstrahl kein Pflanzenleben. Aus der Luft und dem Boden nimmt der pflanzliche Organismus auf: CO_2, — H_2O —, NH_3—N, von denen Kohlensäure, Wasser und Ammoniak (aus Harnstoff) auch die Auswurfstoffe des Thierkörpers liefern. Die Pflanze nimmt aus den Sonnenstrahlen lebendige Kraft ihres Lichtes in sich auf und setzt diese in die Spannkräfte um, die sich wie in allen pflanzlichen Theilen, so auch in den erzeugten Nährstoffen derselben beim Wachsthume der Pflanze anhäufen. Diese Bildung complicirter chemischer Verbindungen geht vor sich unter gleichzeitiger Abscheidung von O.

Die Pflanze verwandelt die lebendige Kraft der Sonne in chemische Spannkraft.

Mitunter zeigen sich auch an den Pflanzen freiwerdende lebendige Kräfte, wie wir sie durchweg bei Thieren anzutreffen gewohnt sind. Manche Pflanzen entwickeln (wie die Aroideen u. a.) in ihrer Blüthe bedeutende Wärmemengen. Auch ist festzuhalten, dass bei der Bildung der festen Pflanzentheile der Uebergang der flüssigen Bildungssäfte in feste Massen Wärme frei werden lässt. Auch hat man bei Pflanzen Aufnahme von O und Abgabe von CO_2 angetroffen, allein diese Vorgänge sind so geringfügig gegenüber den geschilderten typischen des Pflanzenreiches, dass sie als verschwindend klein zu betrachten sind.

So sind die Pflanzen im Grossen und Ganzen Organismen, die unter Reductionsprocessen einfache stabile Verbindungen in complicirte umsetzen, wobei lebendige Sonnenkraft in chemische Spannkraft der Pflanzentheile übergesetzt wird. Die

Thiere sind lebende Wesen, in denen unter Oxydation die von den Pflanzen gelieferten complicirt aufgebauten Atomgruppen zusammenstürzen, wobei die Spannkraft in lebendige Kraft umgesetzt wird, die im Thier sich offenbart. So findet zwischen Thier und Pflanze ein Kreislauf der Stoffe und ein steter Wechsel der Kräfte statt. Alle Kraft der Thiere stammt von den Pflanzen. Alle Kraft der Pflanzen stammt aus der Sonne. So ist die letztere die Ursache, der Urquell aller Kräfte in dem Organismus, d. h. des gesammten Lebens.

Da sich die Bildung der Sonnenwärme und des Sonnenlichtes aus der Gravitation der Massen erklären lässt, so ist vielleicht die Schwerkraft die alleinige Urkraft allen Lebens.

„Die Sonne ist die beständig sich spannende Feder, die das Getriebe in unserer Atmosphäre bewirkt, die Gewässer zu den Wolken in die Höhe hebt, die Strömung der Flüsse hervorbringt; das Licht, die beweglichste aller Kräfte, von der Erde im Fluge erhascht, wird von den Pflanzen in starre Form umgewandelt, denn die Pflanzen auf ihr erzeugen eine fortlaufende Summe chemischer Differenz, bilden ein Reservoir, in welchem die flüchtigen Sonnenstrahlen fixirt und zur Nutzniessung geschickt niedergelegt werden. Die Pflanzen nehmen eine Kraft, das Licht, auf und bringen eine Kraft, die chemische Differenz hervor. Während des Lebensprocesses findet nur eine Umwandlung, sowie der Materie, so der Kraft statt, niemals aber geht eine Erschaffung der einen oder der anderen vor sich.“ (Julius Robert Mayer, 1845.)

Man kann aus einem Vergleiche sich die Bildung der lebendigen Kräfte im Thierkörper aus den Spannkräften der Pflanze leicht versinnlichen. Stellen wir uns die Atome der in den Organismen erzeugten Stoffe als einfache kleine Körper, Kugeln oder Klötzchen dar. So lange diese in einfacher Lage oder doch in geringer Schichtung auf der Grundfläche liegen, wird durch die hierdurch gegebene einfache und stabile Anordnung Ruhe und Stetigkeit derselben fortbestehen. Wird hingegen aus den Körperchen ein künstlich aufgethürmtes, sehr labil construirtes Bauwerk errichtet, so bedarf es 1. hierzu natürlich der bewegenden Kraft des Bauenden, welche die Einheiten hebt und fügt. Sobald nun aber 2. ein von aussen kommender Anstoss das fertige labile Gefüge trifft, stürzen die Atome zusammen und ihr Niedersturz erzeugt durch Aufprall Wärme (eventuell auch bei anderweitiger complicirter Uebertragung lebendige Arbeit). Das heisst: die aufgewandte Kraft des Bauenden setzt sich in die letztgenannten Kräfte wieder um.

In der Pflanze werden die complicirten labilen Bauten der Atomgruppen aufgeführt, der Bauende ist die Sonne. Im Thierkörper, der die Pflanze verzehrt, stürzt der Bau der Atome zu einfacherem Schutt zusammen unter Erzeugung lebendiger Kräfte.

6. Lebenskraft und Leben.

Eine eigene „Lebenskraft“ existirt nicht.

Die in den Organismen, den Pflanzen und Thieren wirksamen Kräfte sind ganz dieselben, die sich an der unbelebten Materie zu erkennen geben. Eine sogenannte „Lebenskraft“, welche als ganz besondere Kraft eigener Art die Lebens-

erscheinungen der belebten Wesen hervorrufen und leiten sollte, existirt nicht. Die Kräfte aller Materie, der organischen wie der unorganischen sind an ihre kleinsten Theilchen, die Atome, gebunden. Da jedoch die kleinsten Theilchen der organisirten Materie meist in sehr verwickeltem Gefüge aufgebaut sind im Gegensatze zu der meist viel einfacheren Zusammensetzung in den unorganischen Körpern, so werden sich die an den kleinsten Theilchen haftenden Kräfte der Organismen in viel complicirteren Erscheinungen und Verkettungen kundgeben, wodurch die Zurückführung der Lebenserscheinungen im Organismus auf die einfachen Grundgesetze der Physik und Chemie äusserst erschwert ist und vielfältig noch unausführbar erscheint.

Stoffwechsel als Lebenszeichen.

Der Stoffwechsel als Zeichen des Lebens. Immerhin erscheint ein eigenthümlicher Stoff- und Kraftwechsel den belebten Bildungen der Erde eigenthümlich. Dieser besteht eben in der Fähigkeit der Geschöpfe, sich die Stoffe der Umgebung anzueignen und in sich zu verarbeiten, so dass dieselben eine Zeit lang integrirende Theile des Belebten darstellen, um später wieder abgegeben zu werden. Wir nennen die ganze Kette der hier vorliegenden Erscheinung „den Stoffwechsel", der sich somit aus der Aufnahme — Assimilation — Einschmelzung und Excretion zusammensetzt.

Wir haben vorhin ausgeführt, dass der Stoffwechsel der Pflanzen und Thiere ein verschiedenartiger sei. In der That ist dies, wie oben dargestellt, in den typisch und charakteristisch ausgebildeten Thieren und Pflanzen wirklich der Fall.

Allein es gibt eine grosse Gruppe von Organismen, welche in ihrer Gesammtorganisation so wenig typische Entwicklung zeigen, dass man dieselben als undifferencirte Grundformen der Geschöpfe ansehen muss. Man vermag weder Pflanze noch Thier in ihnen zu erkennen, sie sind vielmehr einfachster belebter Bildungsstoff. Man hat diese Wesen als die ursprünglichsten und primitivsten Formen Protisten (Haeckel) genannt. Es ist unbedingt anzunehmen, dass diesen auch ein einfacher Stoffwechsel als Lebensbedingung eigen ist, doch fehlen hierüber ausreichende Beobachtungen.

Physiologie des Blutes.

7. Physikalische Eigenschaften des Blutes.

Farbe des Blutes.

1. Die Farbe des Blutes wechselt vom hellen Scharlachroth in den Arterien bis zum tiefsten Dunkelblauroth in den Venen. O (daher auch die Luft) macht das Blut hellroth, O-Mangel dunkel. Das O-freie (venöse) Blut ist dichroitisch, d. h. es erscheint bei auffallendem Lichte dunkelroth, bei durchfallendem grün (Brücke).

Das Blut ist in dünnen Schichten undurchsichtig, wie man einfach erkennen kann, wenn man durch Schütteln Blasenbildung hervorruft, oder wenn man Blut über eine Glasplatte giesst und ablaufen lässt. Das Blut verhält sich somit als „Deckfarbe" (Rollett), da sein Farbstoff in kleinen Körnchen, den Blutkörperchen, in der Flüssigkeit suspendirt ist.

Aus diesem Grunde kann man auch den körnigen Blutfarbstoff durch Filtriren von der Blutflüssigkeit trennen; doch gelingt dieses nur nach Vermischen des Blutes mit Flüssigkeiten, durch welche entweder die Blutkörperchen selbst klebrig oder rauh werden, oder die die Poren des Filtrums begrenzenden Fasern eine derartige Veränderung erfahren. Wird Säugethierblut mit $^1/_7$ Volumen von concentrirtem schwefelsauren Natrium, Froschblut mit $^1/_2$procent. Zuckerlösung vermischt und nun filtrirt, so bleiben die geschrumpften und wasserärmeren Blutkörperchen auf dem Filtrum zurück.

Starker Gehalt des Blutes an farblosen (weissen) Zellen (Leukämie) färbt das Blut hell, als wäre es mit Milch gemischt.

Reaction.

2. Die Reaction ist alkalisch. Dieselbe nimmt nach dem Austritt aus der Ader schnell an Intensität ab, und zwar um so früher, je grösser die Alkalescenz war. Dies beruht auf einer Säurebildung, an welcher die rothen Blutkörperchen vielleicht durch Zersetzung des Farbstoffes betheiligt sind. Höhere Temperatur und Alkalizusatz befördern die Säurebildung (N. Zuntz).

Da man mit dem Blute wegen seiner Eigenfarbe rothes Lackmuspapier nicht direct in Verbindung bringen darf, so verfährt man in folgender Weise: a) Man benetzt den rothen Lackmuspapierstreifen zuerst mit Kochsalzwasser, dann taucht man ihn vorübergehend in das Blut oder lässt einen Tropfen Blut auf dasselbe fallen und wischt hierauf schnell die Blutschichte fort, noch ehe sie dem Papiere durch Eindringen seine Farbe mitgetheilt haben kann (Zuntz). — b) Man bereitet durch ein kleines halbkugelförmiges Näpfchen aus Pergament-

papier hindurch in einen Tropfen Wasser ein Diffusat, mit welchem, da es farblos ist, die Reaction direct angestellt werden kann (Kühne). — c) Neutral reagirende trockene Thonplatten werden mit rother Lackmustinctur benetzt und getrocknet; hierauf gibt man Tropfen Blutes darauf. Die Blutkörper bleiben an Ort und Stelle liegen, die Flüssigkeit zieht weiter ein und bewirkt die Reaction (Liebreich). — d) Ein gewisses Quantum schwach gerötheter Lackmustinctur wird mit gesättigter Kochsalzlösung versetzt; in ein gewisses Volumen dieser Mischung wird ein abgemessenes Quantum Blut eingetragen; man schüttelt und lässt in einem Glase die Blutkörperchen sich senken. Diese wie die Zuntz'sche Methode eignet sich zu vergleichender Prüfung der Alkalescenz. — Man setzt einem Volumen Blut sehr dünne Weinsäure zu (1 Cubikcm. sättigt 3,1 Mgrm. Natron, d. h. 1 Liter Wasser enthält 7,5 Grm. krystallisirte Weinsäure), so lange bis blaue vorher beigemischte Salz-Lackmuslösung roth wird, oder (nach Zuntz' Methode) bis blaues Papier sich röthet. — Die alkalische Reaction des Blutes nimmt ab α) durch starke Muskelthätigkeit in Folge der starken Säurebildung im Muskelgewebe, β) durch die Gerinnung (Zuntz); γ) altes oder mit Wasser aus trockenen Stellen aufgelöstes Blut reagirt meist sauer. — Frischer Cruor reagirt stärker alkalisch als das Serum.

Geruch. 3. Man erkennt am Blute einen eigenthümlichen Geruch (halitus sanguinis). Derselbe ist beim Menschen und den Thieren verschieden und beruht auf der Gegenwart flüchtiger Fettsäuren. Setzt man Schwefelsäure zum Blute, wodurch die flüchtigen fetten Säuren aus ihrer Verbindung mit Alkali des Blutes frei gemacht werden, so tritt der charakteristische Geruch um vieles deutlicher hervor (Barruel).

Geschmack. 4. Das Blut besitzt einen salinischen Geschmack, herrührend von den in der Blutflüssigkeit gelösten Salzen.

Specifisches Gewicht. 5. Das specifische Gewicht beträgt 1,055 (äusserste Grenzen 1,045—1,075), bei Frauen und jugendlichen Individuen durchgehends etwas weniger. Das specifische Gewicht der Blutkörperchen beträgt 1,105, das des Plasma 1,027. Hieraus erklärt sich die Neigung der Blutkörperchen, sich zu senken.

Zur Bestimmung des specifischen Gewichtes der rothen Blutkörperchen sucht man dieselben durch Absetzenlassen zu isoliren (gelingt schnell beim Pferdeblute), noch besser indem man das Blut in langem Cylinder auf die Centrifugalscheibe bringt, auf welcher der Cylinder im Radius mit dem Grunde zur Peripherie liegt. Wassertrinken und Hunger machen das specifische Gewicht vorübergehend geringer, Durst und Verdauung consistenter Nahrungsmittel höher. Es sinkt nach Blutverlusten und ist geringer bei schlecht ernährten Individuen mit wässerigem, dünnen, blutkörperchenarmen Blute. — Lässt man Blut wiederholt durch ein Organ künstlich hindurchlaufen, so steigt in Folge von Aufnahme gelöster Stoffe und Abgabe von Wasser das specifische Gewicht.

8. Mikroskopische Untersuchung des Blutes.

Rothe Blutkörperchen. **I. Die rothen Blutkörperchen** wurden von Swammerdam 1658 zuerst beim Frosche entdeckt; beim Menschen 1673 von Leeuwenhoek.

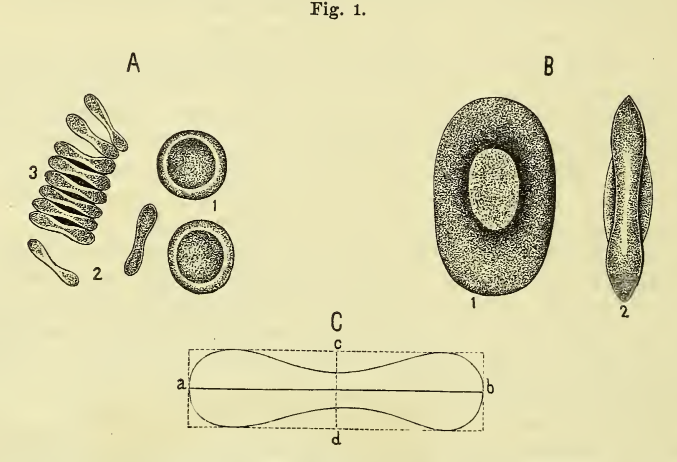
Maasse. a) Maassverhältnisse. Die rothen Blutkörperchen sind kreisrunde, münzenförmige, durch und durch homogene Scheibchen mit beiderseitiger tellerförmiger Aushöhlung und abgerundeten Rändern.

Nach Welcker ist der Durchmesser (a b) 0,0077 Mm., die grösste Dicke (c d) 0,0019 Mm. (Fig. 1. C.)

Um ein Geringes verkleinert werden die Körperchen durch septisches Fieber, Inanitionszustände, Morphium, erhöhte Körperwärme, CO_2; hingegen vergrössert durch O, Wässerigkeit des Blutes, Kälte, Alkoholgenuss, Chinin, Blausäure und acute Anämie (Manassein).

Volumen. *Oberfläche.* Das Volumen eines Blutkörperchens beträgt nach ihm 0,000000077217 Cubikmm., die Oberfläche 0,000128 Quadratmm. Nimmt man die Gesammtblutmasse des Menschen zu 4400 Cubikcm. an, so haben sämmtliche darin enthaltenen Blutkörperchen eine Oberfläche von 2816 Quadratmeter, d. i. gleich einer Quadratfläche von 80 Schritt in der Seite. In einer Secunde wird 176 Cubikcm. Blut in die Lungen getrieben, dessen Blutkörperchen eine Oberfläche von 81 Quadratmeter darbieten, d. i. eine Quadratfläche von 13 Schritt in der Seite (Welcker).

Fig. 1.



A Rothe Blutkörperchen vom Menschen: 1 von der Fläche gesehen; — 2 von der Kante aus betrachtet; — 3 geldrollenartige Aneinanderlagerung der rothen Blutkörperchen. — *B* Rothe Blutkörperchen vom Frosche: 1 von der Fläche und 2 von der Kante aus gesehen. — *C* Idealer Querschnitt eines rothen Blutkörperchens vom Menschen bei 5000facher linearer Vergrösserung; *a b* Durchmesser, *c d* Dicke.

Gewicht. b) Gewicht. Das Gewicht eines Blutkörperchens bestimmte Welcker gleich 0,00008 Mgrm.

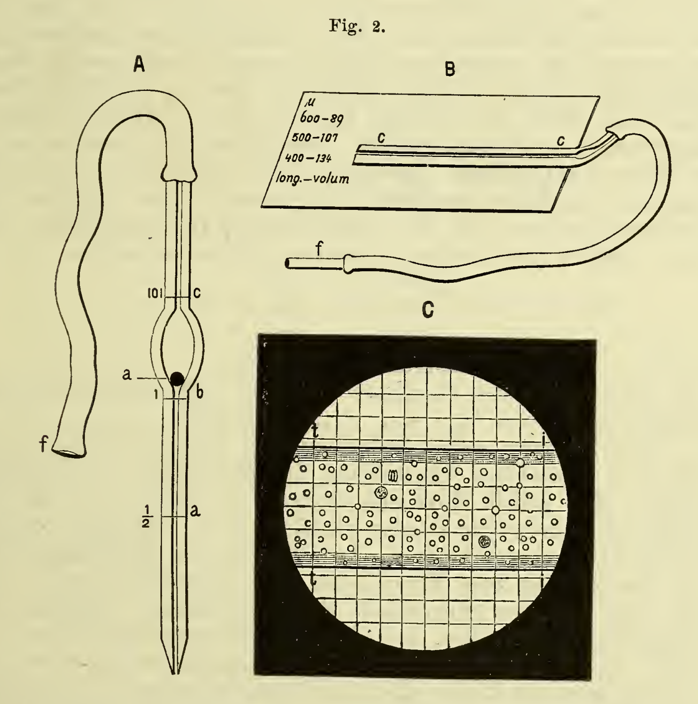
Zahl. c) Zahl. Diese beträgt bei Männern über 5 Millionen, bei Frauen gegen 4½ Millionen in einem Cubikmm. (Vierordt), das macht für 10 Pfund Blut 250.000 Millionen.

Das venöse Blut, namentlich in den kleinen Hautvenen, besitzt mehr rothe Körperchen als das arterielle. Ueberhaupt steht die Zahl im umgekehrten Verhältniss zur Menge des Plasmas, woraus sich ergibt, dass je nach den Contractionszuständen der Gefässe, Druckverhältnissen, Diffusionströmungen u. dgl. die Zahl wechseln muss. Das Blut der Neugeborenen ist beträchtlich reicher an rothen Blutkörperchen, als das der Mutter (Panum). Kräftige Constitutionen haben weiterhin mehr

rothe Blutkörperchen als schwächliche, die Landbewohner mehr als die Städter. Unter den Thieren haben die Fleischfresser vor den Herbivoren den Vorrang. Im Winterschlafe sah Vierordt beim Murmelthier die Blutkörperchen von 7 Millionen auf 2 Millionen in 1 Cubikcm. Blut sinken.

α) Methode der Blutkörperchenzählung nach Vierordt. Man vermengt einen genau abgemessenen Volumentheil Blut mit 1000 Volumtheilen einer die Blutzellen conservirenden Flüssigkeit (Kochsalzlösung mit etwas Zucker). Von diesem Gemenge entnimmt man in ein Capillarröhrchen ein geringes Quantum und bestimmt genau die Länge des Flüssigkeitsfadens in der Capillare unter dem Mikroskope. Zugleich muss die Capacität des Röhrchens genau bekannt sein. Das so seiner Quantität nach genau abgemessene kleine Bluttröpfchen wird hierauf auf ein Objectglas gebracht, welches in zahlreiche kleine Quadrate eingetheilt ist, und es werden nun alle Blutkörperchen in den einzelnen Feldern gezählt.

Fig. 2.



Zählapparat für Blutkörperchen nach Malassez. *A* Die Mischpipette. *B* Das künstliche Capillar-Rohr. *C* Mikroskopische Ansicht des Capillare mit verdünntem Blute gefüllt, durch das im Quadrate getheilte Ocular betrachtet.

β) Methode der Blutkörperchenzählung nach Malassez. Ein pipettenartiges Glasinstrument, der Schüttelmischer (A), wird mit seiner Spitze in das Blut getaucht, und durch Saugen an dem Kautschukschlauche f wird letzteres

bis zu der Marke $^1/_2$ oder bis zur Marke 1 aufgesaugt. Sodann bringt man die (abgewischte) Spitze in das künstliche Serum und saugt dieses auf bis zur Marke 101 [das künstliche Serum besteht aus 1 Volumen einer Lösung von Gummi arabicum (vom specifischen Gewicht 1020) und 3 Volumina, Lösung von Natriumsulfat und Chlornatrium zu gleichen Theilen (specifisches Gewicht 1020)]. Durch Schwenken des Schüttelmischers wird eine kleine Perle (a) in dem bauchigen Hohlraume umhergeschleudert, wodurch die Mischung in dem Hohlraum eine gleichmässige wird. War das Blut bis zur Marke $^1/_2$ aufgesogen, so ist die Mischung 1 : 200; war es bis zur Marke 1 aufgesogen, so ist die Mischung 1 : 100. Aus dem Innern des Schüttelmischers wird nun ein kleines Tröpfchen in das künstliche Capillarrohr (c c) einsteigen gelassen (die ersten Flüssigkeitstheilchen werden verworfen, damit man die gleichmässige Mischung aus dem kugelförmigen Behälter bekomme). In die künstliche Capillare steigt die Mischung durch Capillarität hinein. Ist sie gefüllt, so wird sie zunächst durch Blasen am Ende des dünnen Gummirohres f wieder entleert, darauf zu $^2/_3$ nochmals gefüllt, der Flüssigkeitsfaden wird in die Mitte der Capillare gesogen, und endlich wird das freie Ende der Capillare sorgfältig abgewischt. Die Capillare ist mit Canadabalsam auf dem Objectträger B festgekittet. Auf diesem stehen (auf meinem Apparate) folgende Zahlen

600 μ — 89
500 „ — 107
400 „ — 134
Longueur Volumen,

d. h. eine Länge der Capillare von 600, 500, 400 μ hat einen Volumeninhalt von $^1/_{89}$, $^1/_{104}$, $^1/_{134}$ Cubikmm.

Zur Zählung selbst bedarf es nun stets derselben Linsen und einer besonderen Einstellung des Mikroskops in folgender Weise. Man wählt Hartnack Objectiv 5 (Nachet 2); das dem Apparate beigegebene Ocular enthält ein in 100 Quadrate getheiltes Glas eingeschlossen. Der Tubus am Mikroskope muss eine Einrichtung zum Einschieben und Ausziehen haben. Nun legt man auf den Objecttisch des Mikroskopes zunächst ein Mikrometer in $^1/_{100}$ Mm. getheilt; 1 Theilstrich ist also = 10 μ; (μ = $^1/_{1000}$ Mm.). Nun wird der Tubus genau so weit ausgezogen, bis die äussersten Linien des quadrirten Oculares (t t, i i) scharf 600, 500 oder 400 μ begrenzen (500 μ = $^1/_2$ Mm. ist das Bequemste). Ein in das Messing des Tubus eingeritzter Strich deutet ein für allemal an, wie weit derselbe ausgezogen werden muss, damit das getheilte Ocularglas 500 μ genau begrenzt. Ist dies geschehen, so legt man nun statt des Ocularmikrometers die gefüllte Capillare unter das Mikroskop und hat den Anblick C. Die Länge der Capillare von t t bis nach i i beträgt natürlich 500 μ. Nun zählt man alle Blutkörperchen zwischen

tt und ii (zur Sicherheit wiederholt, an verschiedener Strecke des verschobenen Röhrchens). Angenommen, man hätte in der Länge tt bis ii (= 500 μ) 315 Körperchen gezählt. Diese Zahl 315 wird multiplicirt mit 107 (neben 500 auf dem Objectträger stehend) und mit 100, wenn die Blutmischung 1 : 100 des künstlichen Serums war (mit 200, wenn die Mischung 1 : 200 war), also 315 × 107 × 100 = 3,370500 Blutkörperchen in 1 Cubikmm. (Nach dem Versuche sorgfältige Reinigung der Capillare mit dest. Wasser.)

γ) Bestimmung der Blutkörperchenmenge durch die Färbekraft nach Welcker. Man macht von einem Blute, bei welchem man vorher durch Zählung die Anzahl der Blutkörperchen bestimmt hat, eine Anzahl verschieden concentrirter wässeriger Lösungen, wozu allemal ein Cubikcm. Blut genommen wird. Von diesen streicht man ein abgemessenes Quantum (etwa 5 Cubikcm.) auf gleich grosse Stücke Papier und lässt sie auftrocknen. So erhält man eine Farbenscala, in welcher für jeden Farbenton das Mischungsverhältniss an Blutkörperchen und Wasser bekannt ist. Soll nun die Anzahl der Blutkörperchen in einem anderen Blute bestimmt werden, so nimmt man einen Cubikcentimeter dieses Blutes und vermischt es mit einer abgemessenen Wassermasse, trägt wiederum 5 Cubikcm. auf ein gleichgrosses Papierstück und lässt es trocknen. Sodann vergleicht man die Farbe mit den vorher bestimmten Proben und bestimmt, welcher Farbenton der bekannten Mischungen mit dem letzten übereinstimmt. Zweckmässig werden alle Lösungen der Proben mit CO gesättigt, wodurch eine gleichartige kirschrothe Farbe der Proben entsteht (Gscheidlen).

Consistenz.

d) Die rothen Blutkörperchen zeichnen sich durch grosse Elasticität, Biegsamkeit und Weichheit aus.

9. Histologie der rothen Blutkörperchen.

Stroma und Blutfarbstoff.

Die rothen Blutkörperchen sind einzeln von gelblicher Farbe mit einem leichten Stich in's Grünliche; dieselben besitzen weder Hülle noch Kern, sind vielmehr durch und durch aus gleichartiger Masse. Letztere besteht 1. aus einer Gerüstsubstanz, einem äusserst blassen, durchsichtigen, weichen Protoplasma: das Stroma (Rollett), und 2. aus dem rothen Blutfarbstoff, dem Hämoglobin, welcher das Stroma durchtränkt, ähnlich wie in einem Waschschwamm Flüssigkeit aufgesaugt gehalten wird.

Aeussere Einwirkungen können sich auf die rothen Blutkörperchen in verschiedener Weise geltend machen.

Einwirkungen auf die Vitalität der rothen Blutkörperchen.

A. Auf ihre Lebenserscheinungen. Blutkörperchen erhalten in entleertem und sogar defibrinirtem Blute, wenn es wieder in den Kreislauf zurückgebracht wird, ihre Lebens- und Functionsfähigkeit ungeschwächt. Dagegen wirkt auf ihre Vitalität zunächst die Wärme. Wird Blut in grösserer Masse bis gegen 52° C. erwärmt, so ist die Lebensfähigkeit der rothen Blutkörperchen erloschen, was daraus ersichtlich ist, dass derartiges Blut, wenn es in den Kreislauf zurückgebracht wird, schnell sich auflöst mit allen seinen Blutkörperchen. — An einem abgekühlten Ort (in einer Flasche unter Eiswasser) auf-

bewahrt, kann Blut der Säugethiere selbst 4—5 Tage lang sich functionsfähig erhalten. Noch länger aus dem Körper entfernt und darauf in den Kreislauf zurückgebracht, zeigt es rapiden Verfall seiner Blutkörperchen, ein Zeichen, dass dieselben ihre Lebensfähigkeit bis zu diesem Zeitraum eingebüsst haben (Landois). — Frisch aus der Ader entleertes Blut zeigt sehr häufig eigenthümliche maulbeerförmige Gestaltveränderung der rothen Blutkörperchen. Man hat diese Gestaltveränderung auf eine active Contraction von Seiten des Stroma zurückgeführt (Klebs); doch muss es bis dahin zweifelhaft erscheinen, ob hierin wirklich ein lebendiges Zusammenziehen zu suchen ist. Für die rothen Blutkörperchen ganz junger Hühnerembryonen hat allerdings Max Schultze die active Contraction und Beweglichkeit nachgewiesen.

B. Auf ihre äussere Erscheinung kann durch viele Agentien eingewirkt werden.

Einwirkungen auf die Gestalt der rothen Blutkörperchen. Farbenveränderung.

a) Die Farbe wird in merkwürdiger Weise durch verschiedene Gase verändert: O macht das Blut scharlachroth; O-Mangel dunkelblauroth, CO kirschroth, NO violettroth. Man hat die Farbe des arteriellen Blutes und des venösen Blutes so zu erklären versucht, dass beim arteriellen die Flächen der Körperchen stärker concav (also das Licht sammelnd), beim venösen mehr convex (also das Licht zerstreuend) seien (Harless). Doch hat man neuerdings durch genaue Betrachtung venöser Blutkörperchen keine Gestaltveränderung erkennen können. Alle Agentien, welche die rothen Blutkörperchen stark einschrumpfen machen, bringen ein sehr helles Scharlachroth hervor (Bartholinus 1661) (z. B. concentrirte Lösung von Natriumsulfat, wodurch die Körperchen stark maulbeerförmig, schüsselförmig gebogen und theilweise verdünnt werden), heller als es jemals in den Arterien angetroffen wird. Diejenigen Agentien, welche die Blutkörperchen kugelig machen, wie namentlich Wasser, verdunkeln die Farbe des Blutes.

Geldrollenartige Lagerung

b) Lage- und Formveränderung. Eine sehr häufige Erscheinung an entleertem Blut ist die, dass die Blutkörperchen sich geldrollenartig auf einander legen (siehe Figur 1, A 3). Die Ursache dieser Erscheinung ist unbekannt. Bringt man in diesem Zustande dem Blute quellende Agentien bei, so lösen sich die Reihen aus einander, indem die einzelnen Körperchen sich kugelförmig gestalten.

Gestaltveränderungen.

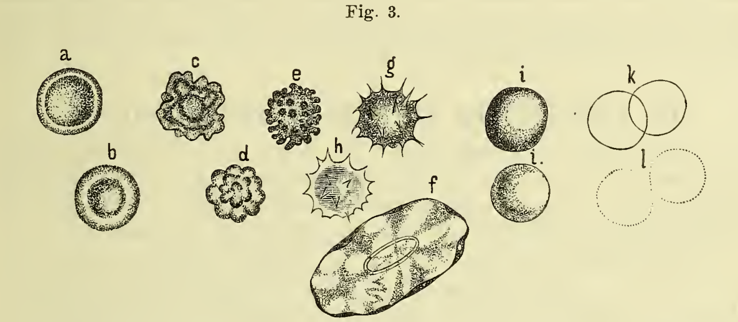
c) Von ganz besonderem Interesse sind die Gestaltveränderungen der rothen Blutkörperchen, welche dieselben nach ihrer Entleerung aus dem Körper allmählich bis zu ihrer Auflösung durchlaufen können. Manche Agentien bringen diese Reihe von Formveränderungen schnell hinter einander hervor. Lässt man z. B. den Funken einer Leydener Flasche auf Blut einwirken, so werden zuerst alle Blutkörperchen „maulbeerförmig", d. h. die Oberfläche wird rauh und bald mit

Maulbeer-Form.

grösseren, bald mit kleineren rundlichen Höckern besetzt (Figur 3 c d e). — Bei intensiverer Einwirkung werden die Blutkörperchen fast kugelig mit vielen hervorragenden Spitzen, sie werden „stechapfelförmig" (g h); noch weiter verursacht die Einwirkung, dass die Körperchen völlige Kugelform annehmen (i i). In dieser Gestalt erscheinen sie kleiner, als die normalen, da sich ihre scheibenförmige Masse auf eine Kugel von kleinerem Durchmesser zusammenzieht. Die so geformten Kugeln sind klebrig, benachbarte haften leicht an einander und fliessen sogar (wie Fettaugen) zu grösseren Kugeln zu-

Stechapfelform. *Kugelform.*

Fig. 3.



Rothe Blutkörperchen in verschiedenen Formveränderungen und Auflösungsstadien: *a b* Unveränderte rothe Blutkörperchen vom Menschen bei verschiedener Einstellung des Tubus; — die schüsselförmige Vertiefung erscheint wegen der verschiedenen Einstellung verschieden gross. — *c d e* sogenannte „Maulbeerform"; — *g h* „Stechapfel- oder Morgensternform"; *i i* „Kugelform", *k* Abgeblasste Kugeln, *l* Stroma. — *f* Durch theilweise Wasserentziehung faltig geschrumpftes rothes Blutkörperchen am Frosche.

sammen. Bei noch längerer Einwirkung trennt sich der Blutfarbstoff endlich von dem Stroma (k), in Folge dessen sich die Blutflüssigkeit röthet, während das Stroma nur als leichter Schatten erkennbar ist (l). Die geschilderten Formenreihen sind der Ausdruck auch mancher anderer schädlicher, auf die Auflösung der Blutkörperchen wirkender Agentien. So kann man z. B. auch in faulendem Blute alle diese Formveränderungen wahrnehmen.

Entfärbung und Stroma-Bildung.

Einwirkung der Wärme. Erwärmt man auf einem heizbaren Objecttische ein Blutpräparat, so ersieht man, dass von 52° an die Blutkörperchen merkwürdige Gestaltveränderungen zeigen. Sie werden theils kugelig, theils bisquitförmig aus einander gezogen, theils durchlöchert, theils schnüren sich grössere und kleinere Tröpfchen der Körperchensubstanz vollständig ab und schwimmen in der umgebenden Flüssigkeit, ein Beweis, dass höhere Wärmegrade die histologische Individualität der Gebilde vernichten (Max Schultze). Bei länger anhaltender hoher Wärme lösen sich endlich die rothen Blutkörperchen auf.

Formverändernde und auflösende Kraft der Wärme.

Fährt man über eine heisse Glasplatte mit einem mit Blut befeuchteten Finger schnell dahin, so dass sehr schnell die dünne Flüssigkeitsschichte auftrocknet, so erkennt man unter dem Mikroskope die sonderbarsten Formen langgezogener oder sonstig difformer Blutkörperchen. Dieser Versuch erläutert schlagend die grosse Weichheit und Dehnbarkeit der Blutkörperchenmasse.

Mischt man Blut mit concentrirter Gummilösung und setzt unter dem Mikroskope sodann concentrirte Kochsalzlösung zu, so ziehen sich die Körperchen zu länglichen Formen aus (Lindwurm). Aehnliches beobachtet man, wenn man Blut mit gleicher Menge einer bei 36° C zerfliessenden Leimmasse mengt und nun nach dem Erkalten aus der Gallerte Schnitte zur mikroskopischen Beobachtung macht (Rollett). — Durch starken Druck auf das Deckgläschen kann man Blutkörperchen in Stücke auseinander pressen. Bei allen diesen Versuchen ist von einer Hülle nichts zu sehen.

10. Conservirung der rothen Blutkörperchen.

Unter den Flüssigkeiten, in denen sich Blutkörperchen vollkommen erhalten, sind zu nennen: Die Pacini'sche Flüssigkeit (ein wasserklares Gemisch von Hydrargyrum bichloratum corrosivum 2 Gr. — Natrium chloratum 4 Gr. — Glycerinum purum 26 Gr. — Aqua destillata 226 Gr. — Vor der Anwendung wird das Gemisch mit 2 Theilen Wasser verdünnt). Ferner sind als conservirende Flüssigkeiten zu nennen Jodserum, Eiweiss, Kochsalzlösung von 0·6%, Lösung von phosphorsaurem Natrium. Die Pacini'sche Flüssigkeit verdient die grösste Beachtung. — Da die rothen Blutkörperchen nach Entleerung aus dem Körper sich an der Luft oft leicht und schnell verändern, namentlich sich geldrollenartig an einander lagern und maulbeerförmig einschrumpfen, so empfiehlt sich zur Untersuchung des Blutes, dass man einen Tropfen Pacini'scher Flüssigkeit auf eine Hautstelle bringt und nun durch den Tropfen hindurch mit einer feinen Nadel in die Haut sticht. So quillt das Blut, ohne jemals mit der Luft in Berührung gewesen zu sein, in die conservirende Flüssigkeit, welche die Form der Körperchen fixirt (Landois). — Lässt man Blut bei gelinder Wärme in dünner Schichte auf einem Glase austrocknen, so behalten die aufgetrockneten Körperchen für immer ihre normale Gestalt (C. Schmidt).

Mikroskopisches Verfahren bei forensischen Untersuchungen des Blutes.

Bei einer Untersuchung auf Blut zu forensischen Zwecken bedient man sich natürlich stets auch des Mikroskopes. Aufgetrocknete Flecke werden entweder partikelweise unter dem Mikroskope mit concentrirter Aetzkalilösung (Virchow) oder mit Pacini'scher Flüssigkeit (ohne Reiben) sorgsam aufgeweicht. Oft genug wird man jedoch vergeblich nach erhaltenen Blutkörperchen suchen. Rothe verdächtige Fluida werden direct untersucht. Wären die Blutkörperchen etwa bereits sehr blass geworden, oder nur noch als Stroma vorhanden, so macht ein Zusatz einer weingelben wässerigen Jodlösung dieselben oft wieder um vieles deutlicher.

11. Darstellung des Stroma's, Lackfarbigmachen des Blutes.

Es gibt viele Agentien, welche den Farbstoff von dem Stroma trennen. Hierdurch löst sich das Hämoglobin in der Blutflüssigkeit auf: das Blut ist nun durchsichtig, es enthält seinen Farbstoff als Transparentfarbe; man nennt es daher auch lackfarben (Rollett). Das lackfarbige Blut ist dunkelroth. Bei der Auflösung der rothen Blutkörperchen handelt es sich nicht um Aenderung des Aggregatzustandes des Hämoglobins, sondern nur um eine Ortsveränderung desselben: es verlässt das Stroma und tritt in die Blutflüssigkeit. Daher findet hierbei keine Abkühlung statt (Landois). Um Stroma in grösserer Menge zu gewinnen, versetzt man defibrinirtes Blut mit 10 Volumina einer Kochsalzlösung, enthaltend 1 Vol. conc. Lösung und 15—20 Vol. Wasser. Hierin setzen sich die Stromata als weisslicher Bodensatz ab.

Folgende Agentien bewirken Trennung von Stroma und Hämoglobin:

Auflösungsmittel rother Blutkörperchen.

1. Erwärmen des Blutes auf 60° (Schultze); dieser Wärmepunkt wechselt jedoch bei verschiedenen Thieren.
2. Wiederholtes Gefrieren- und Aufthauenlassen (Rollett).
3. Zusatz von Galle (Hünefeld) oder von gallensauren Salzen (Plattner, v. Dusch).
4. Zusatz von Serum anderer Thierarten (Landois), so löst z. B. Hundeserum und Froschserum in wenigen Minuten Kaninchenblutkörperchen.
5. Zusatz lackfarbigen Blutes mancher anderer Thierarten (Landois).
6. Chloroform (Böttcher), Aether (v. Wittich), Amylen, kleine Mengen Alkohol (Rollett).
7. Antimonwasserstoff, Arsenikwasserstoff; Schwefelkohlenstoff (Hünefeld, Hermann).
8. Funken der Elektrisirmaschine (Rollett), constante und Inductionsströme (Neumann).
9. Zusatz von Borsäure (1 %) lässt die rothe Masse (welche zugleich den Kern, wenn ein solcher vorhanden ist, einschliesst), Zooid genannt, aus dem Stroma, Oecoid genannt, sich im Innern des Körperchens von der Peripherie zurückziehen, und oft ganz aus demselben heraustreten (Brücke, Stricker). Brücke sieht so in dem Stroma gewissermassen ein Gehäuse, innerhalb dessen die übrige, vorzugsweise mit den Lebenserscheinungen ausgestattete Blutkörperchensubstanz wohne.
10. Wasser.
11. Merkwürdig ist der Einfluss des Gasgehaltes der rothen Blutkörperchen auf ihre Auflöslichkeit: am leichtesten lösen sich die Körperchen des CO_2-Blutes, wesentlich weniger leicht die des O-Blutes, zwischen beiden stehen die des CO-Blutes (Landois). Völlige Entgasung des Blutes bewirkt schon an und für sich Lackfarbigwerden.
12. Stärkere Säuremischungen lösen die Blutkörperchen auf; schwächere bringen Niederschläge im Hämoglobin hervor. Dies ist sehr schön zu verfolgen bei der Carbolsäure (Hüls unter Landois).
13. Alkalien bei mittlerer Concentration bedingen plötzliche Auflösung. Eine etwa 10proc. Kalilösung vom Rande des Deckgläschens dem Blute zugesetzt, lässt mikroskopisch den Vorgang der Lösung sehr schön erkennen. Zuerst werden die Körperchen ruckweise kugelig und so scheinbar kleiner, dann verpuffen sie wie Seifenblasen.

12. Form und Grösse der Blutkörperchen verschiedener Thiere.

Münzenförmige cirkelrunde Körperchen besitzen ausser dem Menschen alle Säuger (mit Ausnahme des Kameels, Lama, Alpakka und deren Verwandte), sowie von den Fischen die Cyklostomen (z. B. Neunauge).

Länglich-elliptische besitzen, und zwar ohne Kerne, die oben erwähnten Säuger, dagegen mit Kernen alle Vögel, Reptilien, Amphibien (s. Figur 1, B. 1, 2) und Fische (letztere ohne die Cyklostomen).

Grösse				
der münzenförmigen Blutkörperchen		der elliptischen Blutkörperchen		
		kleiner Durchmesser		grosser Durchmesser
Elephant	0,0094 Mm.	Lama	0,0040 Mm.	0,0080 Mm.
(Mensch	0,0077) „	Taube	0,0065 „	0,0147 „
Hund	0,0073 „	Frosch	0,0157 „	0,0223 „
Kaninchen	0,0069 „	Triton	0,0195 „	0,0293 „
Katze	0,0065 „	Proteus	0,035 „	0,058 „
Schaf	0,0050 „	Die Körperchen des Lurches Amphiuma sind noch gegen ein Drittel grösser als die des Proteus (Riddel).		
Ziege	0,0041 „			
Moschusthier	0,0025 „			

Unter den Vertebraten hat Amphioxus farbloses Blut. Die Wirbellosen haben meist farbloses Blut mit farblosen Zellen. Der Regenwurm, die Larve der grossen Stechmücke u. A. haben rothes hämoglobinhaltiges Plasma, aber farblose Zellen.

Rothes, violettes, bräunliches, grünliches, opalescirendes Blut mit farblosen Blutkörperchen (amöboiden Zellen) zeigen manche Weichthiere.

Die grösseren Blutkörper vieler Amphibien sind mit blossem Auge sichtbar; in denen des Frosches ist ein Kernkörperchen nachweisbar (Auerbach, Ranvier). Es ist leicht erklärlich, dass je grösser die Blutzellen sind, um so geringer die Zahl und die gesammte Oberfläche derselben in einem Volumen Blut sein muss. So besitzt die Ziege 18 Millionen Körperchen in 1 Cubikmm. Nur bei den Vögeln ist trotz der bedeutenderen Grösse der Körper ihre Zahl doch relativ grösser, als in den anderer Classen der Vertebraten (Malassez). Es hängt dies jedenfalls damit zusammen, dass überhaupt bei ihnen der Stoffwechsel die grösste Energie besitzt.

13. Entstehung der rothen Blutkörperchen.

Die embryonale Entwickelung der rothen Blutkörperchen.

A) Die embryonale Entwicklung der Blutkörperchen geht beim Hühnchen schon am ersten Tage vor sich. Sie entstehen gruppenweise innerhalb grosser Protoplasmakugeln, die sich von den Wandungen der aus den Bildungszellen sich zusammenfügenden Gefässräume abschnüren. Anfangs sind sie

kugelförmig, rauh, kernhaltig, grösser als die bleibenden und ohne Farbstoff. Erst später nehmen sie letzteren auf und nehmen die definitive Gestalt unter Beibehaltung des Kernes an. Erst wenn die Gefässe mit dem Herzen zusammentreten, werden sie einzeln oder haufenweise fortgeschwemmt und lockern sich dann im Kreislaufe. Remak wies alle Stadien ihrer Vermehrung durch Theilung nach.

Nachdem sich die Leber entwickelt hat, scheint in ihr der Bildungsvorgang der rothen Körperchen vor sich zu gehen (E. H. Weber, Kölliker). Man stellt sich vor, dass von der Milz aus kernhaltige, protoplasmatische, farbstofflose Zellen durch die Pfortader in die Leber hineingeschwemmt werden, und hier den Farbstoff aufnehmen. Neumann fand ferner in der Leber des Embryos protoplasmatische Zellen, welche rothe Blutkörperchen einschlossen. Auch die Milz wird als Bildungsherd angesprochen, jedoch nur im embryonalen Leben (Neumann). Hier sollen die rothen Körperchen aus gelben, runden, kernhaltigen Zellen, die Uebergangsformen darstellen, hervorgebildet werden. — Aus den kernhaltigen Embryonalkörperchen entstehen erst im späteren Verlaufe des Embryonallebens die charakteristisch gestalteten und zugleich kernlosen. Der Kern soll kleiner und kleiner werden, molekular zerfallen und schliesslich verschwinden. Beim menschlichen Embryo sind in der vierten Woche nur kernhaltige Körperchen vorhanden; im dritten Monate beträgt ihre Zahl nur noch gegen $^1/_4$—$^1/_8$ aller Körper, am Ende des Fötallebens trifft man nur noch höchst selten kernhaltige Körper an. (Es ist selbstverständlich, dass bei den Thieren, welche kernhaltige Zellen besitzen, der Kern vom Embryonalleben her bestehen bleibt.)

Die erste nachembryonale Entwickelung und die Gefässbildung.

B) Entwicklung der Gefässe, Bildung der Gefässe und Blutkörperchen in der ersten nachembryonalen Zeit. Köllicker nahm an, dass (im Schwanze der Froschlarven) die Capillaren sich aus den sternförmigen mit ihren Ausläufern anastomosirenden Bindegewebskörperchen entwickelten. Diese sollten sich in ihrem Lumen gleichmässig unter Schwund des Protoplasmas und Kernes verändern, mit benachbarten Capillaren in Verbindung treten und so die neue Blutbahn darstellen. Bei der Verbreitung der Vascularisation sollten also stets neue Bezirke von anastomosirenden Bindegewebszellen zu Gefässröhren umgeformt werden. — Dieser Anschauung ist im Anschluss an J. Arnold von Golubew eine andere entgegengestellt worden. Dieser Forscher nimmt an, dass die vorhandenen Blutcapillaren (im Froschlarven-Schwanz) anfangs solide Sprossen an verschiedenen Stellen treiben, welche weiter und weiter in die Gewebe hineinwachsen, mit benachbarten sich anastomotisch verbinden und schliesslich unter Schwund ihres protoplasmatischen Inhaltes hohl werden. Die Capillaren würden so wie ein vielfach verästeltes Wurzel-

werk in die Gewebe hineinwuchern und wie ein fremder Eindringling sich verbreiten. Ganz ähnlich sah Ranvier den Wachsthumsvorgang im Netze neugeborener Katzen.

Man hat in der neueren Zeit die Entwicklung der Capillaren und zugleich der Blutkörperchen im Innern desselben in besonders belehrender Weise im grossen Netze des jungen Kaninchens beobachtet (Ranvier). Eine Woche alt zeigen diese Thiere in ihrem Netze mattweisse Flecken, in deren Innern sogenannte „gefässbildende Zellen“ liegen, d. h. in ihrer Gestalt sehr wechselnde, cylindrische, lange, mit Protoplasmaspitzen (a) versehene, stark lichtbrechende zellige Elemente. Das Protoplasma derselben ist namentlich rücksichtlich der starken Lichtbrechung dem der Lymphzellen ähnlich. Im Innern dieser zelligen Gebilde sieht man längsgerichtete stäbchenförmige Kerne (k k) und rothe Blutkörperchen (r r), beide vom Protoplasma umschlossen. Von den gefässbildenden Zellen gehen Protoplasmaspitzen und Fortsätze (a a) aus, welche theils frei endigen, theils zu zarten Netzen zusammentreten. (An manchen Stellen liegen den Gebilden langgestreckte kernhaltige Bindegewebskörperchen auf, die erste Anlage der bindegewebigen Gefässumhüllungen.)

Rothe Blutkörperchen entstehen endogen in protoplasmatischen Zellen.

Fig. 4.

Bildung rother Blutkörperchen innerhalb verästelter Zellen nach Ranvier aus dem Netz eines 7 Tage alten Kaninchens. *r r* Die gebildeten Blutkörperchen; — *K K* die Kerne der Bildungszellen, *a a* die Ausläufer und Netze der Bildungszellen, später zu Blutcapillaren sich erweiternd.

Die gefässbildenden Zellen treten in verschiedenen Gestalten auf: entweder länglich cylindrisch mit Spitzen endigend, oder mehr rundlich, oval, den Lymphzellen ähnlicher (oder den Bindegewebszellen, wie sie Schäfer im subcutanen Zellgewebe junger Ratten antraf): stets sind diese Zellen die Ursprungsstätten kernloser rother Blutkörperchen, die also hier im Protoplasma der „gefässbildenden Zellen“ entstehen, wie die Chlorophyllkörner oder Stärkekörner im Protoplasma der Pflanzenzellen. Erst nachdem so im Innern dieser Zellen die Blutkörperchen sich gebildet haben, treten dieselben durch ihre Fortsätze mit dem Gefässsystem in Vereinigung, ihr Röhrenbezirk erhält Anschluss an das gemeinsame Circulationssystem und die Blutkörperchen werden weggeschwemmt. Bei 4—6 Wochen alten Kaninchen finden sich die Bezirke mehr und mehr geleert

von denselben. Letzterer Umstand lässt die Frage aufwerfen, ob nicht die gefässbildenden Zellennetze, nachdem sie ihre Erzeugnisse in die gemeinsame Blutbahn entleert haben, wieder mehr und mehr zusammenschrumpfen und vergehen, ohne dass sie also somit dauernde Bezirke des Kreislaufes blieben. Letzteres scheint das Wahrscheinlichste. Wenn man nun bedenkt, dass Schäfer ähnliche Bildungsvorgänge im Unterhautzellgewebe junger Ratten sah, so muss sich die Frage aufdrängen, ob sich nicht innerhalb des Körpers an vielfältigen Stellen (so weit das mittlere Keimblatt reicht?) solche Blutbildungsstätten finden, von denen die Regeneration des Blutes erfolge. Dann würden die Blutkörperchen, endogen in protoplasmatischen Zellen entstehend, durch transitorische Zuleitungscanäle in den Kreislauf ausgeschieden.

(Methoden der Beobachtung: 1. Netz von passendem Alter, lebensfrisch in Peritonealflüssigkeit (oder Jodserum), bei Verhinderung der Verdunstung durch einen Paraffinrand amDeckgläschen, beobachtet. — 2. Netz frisch, 24 Stunden in verdünntem Alkohol; abwaschen, ausbreiten, mit einigen Tropfen Goldchloridkalium benetzt, nach 1 Stunde abermals gewaschen, Glycerineinschluss, Lichtaussetzung. — 3. Netz frisch in gesättigte wässerige Pikrinsäurelösung 1 Stunde, gewaschen und ausgebreitet, mit einigen Tropfen (einige Tage alter) starker Hämatoxylinlösung benetzt für einige Minuten; abermals gewaschen in einige Cubikcentimeter alkoholischen Eosin gelegt, nach 10 Minuten abermals Waschen; (Glycerineinschluss). Ich habe bei Ranvier in Paris die Präparate dieser hochinteressanten und überaus wichtigen Bildungsvorgänge in einer Deutlichkeit gesehen, welche in mir keinen Zweifel mehr aufkommen lassen an der Richtigkeit der Beobachtung.

Bildung rother Blutkörperchen bei Erwachsenen.

C) Beim Erwachsenen sollen die rothen Blutkörperchen, wie meist angenommen wird, aus farblosen, sog. weissen Blutkörperchen, oder Lymphoidzellen hervorgehen. Man stellt sich vor, dass letztere allmählich die Gestalt annehmen, ihren Kern verlieren und den Blutfarbstoff aufnehmen. Milz, Leber und Knochenmark gelten als besondere Bildungsherde. Namentlich in letzterem sieht man alle Stadien der Uebergänge, vornehmlich farblose contractile Zellen, die den weissen Blutkörperchen nahestehen (Bizzozero), und weiterhin rothe kernhaltige, die als Vorläufer der rothen zu betrachten wären (Neumann).

Nach starken Blutverlusten soll der Vorgang der Umwandlung besonders reichlich angetroffen werden (Erb); v. Recklinghausen hat sogar in der feuchten Kammer innerhalb mehrerer Tage diese Umbildung im Froschblute aus sog. Uebergangszellen direct verfolgen können. A. Schmidt und Semmer fanden im circulirenden Blute grössere Lymphoidzellen ganz mit rothen Farbstoffkörnchen erfüllt, die sie rothe Körnerkugeln nannten, und in denen sie die Uebergangsformen gewisser weisser und rother Blutkörperchen mit Bestimmtheit erkennen wollen. — Nach Neumann enthält das Knochenmark Erwachsener alle Uebergänge aus embryonalen Entwicklungsstufen lymphkörperchenartiger Zellen in echte rothe Blutkörperchen. Nach reichlichen Blutverlusten treten diese Bildungsstufen in Menge in die Blutbahn über.

14. Der Untergang der rothen Blutkörperchen.

Die Leber als Ort des Unterganges rother Blutkörperchen.

Der Untergang muss mit Sicherheit innerhalb einer nicht langen Frist angenommen werden. Niemand hat ihn direct beobachten, oder auch nur mit Sicherheit den Ort bestimmen können, an welchem er vornehmlich erfolgt. Man hat auf die Leber hingewiesen, weil der Gallenfarbstoff aus Blutfarbstoff sich bildet. Dabei zeigt das Lebervenenblut eine geringere Zahl von rothen Blutkörperchen. Die Milz zeigt zwar in ihrer Vene einen sehr grossen Reichthum an rothen Körperchen, weshalb man sie als Bildungsherd der letzteren annimmt. Nichtsdestoweniger birgt ihre Pulpa Zellen, welche auf eine Einschmelzung rother Körperchen hinweisen. Dies sind Häufchen von Blutkörperchen von unveränderter Form bis zu allen Stadien des Zerfalles umgeben von einer protoplasmatischen oder fibrinösen Umhüllung. Früher nannte man diese Gebilde fälschlich „Blutkörperchenhaltige Zellen" und glaubte sie als Brutstätten der Körperchen deuten zu können. Gegenwärtig nimmt man an, dass Häufchen der Körperchen von einer Eiweissschicht umhüllt werden, innerhalb derer sie sich in der Milz allmählich auflösen. Jedoch ist es sehr zweifelhaft, ob hierin der normale Auflösungsprocess beruhe.

Ob in der Milz die Auflösung erfolge.

Wenn man bedenkt, dass nach wiederholten grossen Blutverlusten und nach der Menstruation das Blut sich wieder ersetzt innerhalb relativ kurzer Frist, so ist ein reges Bildungsverfahren für die Entstehung der Blutkörper anzunehmen. Ueber die Menge der täglich untergehenden Körperchen gibt einigermassen die Menge des aus dem Blutfarbstoff durch Umwandlung hervorgegangenen Gallen- und Harnfarbstoffes einen Anhalt.

15. Die farblosen Blutkörperchen.

1770 von Hewson unterschieden.

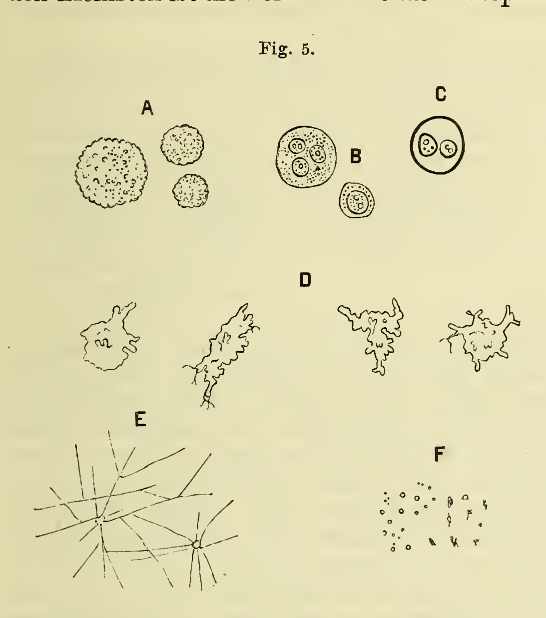
Die farblosen Blutkörperchen sind indifferente Bildungszellen.

Das Blut enthält, wie manche andere Gewebe, eine Anzahl von aussen eingedrungener Zellen, die man in verschiedenen Formen antrifft und mit dem Namen „Lymphoidzellen" oder „indifferente Bildungszellen" belegen kann. Ausser in der Blutflüssigkeit trifft man sie in der Lymphe, dem adenoiden Gewebe, dem Knochenmarke und als Wanderzellen innerhalb vieler Stellen der Bindesubstanzen, aber auch zwischen Drüsen- und Epithelzellen. So sind diese farblosen Blutkörperchen keineswegs Gebilde, die dem Blute als solchem allein zukommen. Alle zeichnen sich dadurch aus, dass sie aus kugeligen Klümpchen klebrigen, stark lichtbrechenden, weichen, bewegungsfähigen, hüllenlosen Protoplasmas bestehen (Figur 5). Ganz frisch (A) zeigen sie keinen Kern, letzterer in Zahl von 1—4 erscheint erst nach Wasser- (B) oder Essigsäure-Zusatz, wodurch zugleich die

Umgrenzung schärfer hervortritt. Wasser macht dazu den Inhalt körniger, trüber; Essigsäure (C) hellt ihn stark auf. Innerhalb der Kerne zeigen sich ein oder mehrere Kernkörperchen. Die Grösse der Zellen wechselt von 4—13 μ im Durchmesser. Bei den kleinsten ist die kernumhüllende Protoplasmaschicht äusserst dünn. Besonders zu betonen ist ihre Fähigkeit, amöboide Bewegungen auszuführen, die namentlich bei den grossen sehr deutlich hervortritt, und von Wharton Jones beim Rochen, von Davaine beim Menschen entdeckt wurde. Max Schultze unterschied im menschlichen Blute 3 verschiedene Formen:

Ihre Bewegungen.

Fig. 5.



Lymphoidzellen des Blutes, oder weisse Blutkörperchen. *A* vom Menschen frisch ohne Zusatz; — *B* dieselben nach Wasserzusatz mit scharfer Umgrenzung und hervortretenden Kernen; — *C* dieselben nach Einwirkung von Essigsäure unter Aufhellung des Inhaltes und scharfer Markirung der Kerne. — *D* die Amöboidzellen aus dem Froschblute verschiedene Stadien der amöboiden Bewegung zeigend. — *E* Fibrinfäden aus gewonnenem Blute. — *F* Elementarkörnchen.

Formen.

1. Die kleinsten runden, kleiner als die rothen Körper, mit 1—2 Kernen und sehr geringer Protoplasmalage.
2. Runde von gleicher Grösse d. rothen Körper.
3. Die grossen Amöboidzellen mit reichlicherem Protoplasma und besonders deutlicher Bewegung.

Man beobachtet, dass die Lymphoidzellen sich durch Theilung vermehren (Klein).

Anzahl.

Die Zahl der Lymphoidzellen wechselt zu der der rothen Körper nicht unerheblich.

Es muss ganz besonders darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Zahl der weissen Zellen in dem entleerten Blute ganz enorm geringer ist, als in dem noch kreisenden Blute. Unmittelbar nach der Entleerung des Blutes gehen nämlich massenhaft weisse Körperchen (zur Fibrinbildung, s. unten) zu Grunde (Al. Schmidt, Landois); A. Schmidt taxirt die Zahl der sich erhaltenden etwa nur

auf $^1/_{10}$ der Gesammtzahl im lebendig kreisenden Blute. Die folgenden Zahlen, die für das entleerte Blut gelten, haben daher nur eine sehr bedingte Richtigkeit (siehe 34).

Zahl der Lymphoidzellen im Verhältniss zu den rothen Körperchen.		
im normalen Zustande	an verschiedenen Orten	in verschiedenen Zuständen
1 : 335 Welcker 1 : 357 Moleschott	Vena lienalis 1 : 60 Arteria „ 1 : 2260 Vena hepatica 1 : 170 „ portarum 1 : 740 Ueberhaupt in den Venen zahlreicher als in den Arterien.	Vermehrt durch: Verdauung, Aderlässe, andauernde Eiterungen, Wochenbett, Leukämie, kräftigende Arzneien (Chinin, Bitterstoffe). Vermindert durch: Hungerzustand, schlechte Ernährung.

Mengenbestimmung nach Welcker.

Welcker bestimmt in einer bequemen Weise das Mengenverhältniss der rothen und weissen Blutkörper. Das durch Schröpfkopf entleerte Blut wird defibrinirt und durchgeseiht, dann in eine lange, 1 Cm. dicke Glasröhre gegossen. Nach längerer Zeit bilden sich durch Senkung drei Schichten: Oben die klare Serumschichte, dann folgt die Schichte der weissen Zellen, dann die der rothen Körper. Die relative Dicke der letzten beiden Schichten gibt Anhalt über das Mengenverhältniss von weissen und rothen Körperchen.

Bewegungen der Lymphoidzellen.

Die Bewegungen der Lymphoidzellen, die man (weil sie den der Amöben vollkommen entsprechen) amöboide genannt hat, bestehen darin, dass das Protoplasma in einer abwechselnden Contraction und Relaxation um den Kern begriffen ist. Sie gibt sich namentlich dadurch zu erkennen, dass von der Oberfläche Fortsätze ausgesendet und eingezogen werden (ähnlich den Pseudopodien der Amöben). Dabei hat das Protoplasma einen inneren Fluss. Die Bewegung hat zweierlei Erscheinungen zur Folge: 1. Die Wanderungen der Zellen, indem sie sich vermittelst des Ausstreckens und Einziehens der klebrigen Fortsätze fortziehen, und 2. die Aufnahme kleiner Körnchen (Fett, Pigmente, Fremdkörperchen), die zuerst der Oberfläche ankleben und durch den inneren Fluss ins Innere gezogen (Preyer), eventuell später wieder ausgestossen werden können (entsprechend der Nahrungsaufnahme der Amöben).

Bei Warmblütern zeigen die Lymphoidzellen auf warmem Objectträger (35°—40° C.) lange Zeit ihre Bewegungen, bei 40° C. gegen 2—3 Stunden; 50° C. bedingt ein Starrwerden (Wärmestarre) und den Tod. Bei Kaltblütern (Frosch) sieht man sie aus einem kleinen coagulirten Bluttröpfchen (in der feuchten Kammer) herauskriechen und in dem ausgepressten Serum sich umher bewegen. Durch Inductionsschläge werden

sie plötzlich durch Einziehung aller Fortsätze rund (wie gereizte Amöben). War der elektrische Schlag nicht zu stark, so beginnen sie nach einiger Zeit wieder ihre Bewegungen. Starke und anhaltende Schläge tödten sie, machen sie ferner aufquellend und völlig zergehend.

Auswanderung der weissen Zellen aus den Gefässen.

Die amöboiden Bewegungen bieten ein ganz besonderes Interesse durch die Auswanderungen der Lymphoidzellen aus den Gefässen, durch die Wandungen derselben hindurch (Cohnheim), wie sie am besten an den Mesenterialgefässen des curarisirten Frosches (namentlich dort, wo der Blutstrom nur langsam verläuft) beobachtet werden. Man kann beim Auswanderungsprocess gewisse aufeinanderfolgende Acte unterscheiden: a) das Anhaften der Lymphoidzelle an der inneren Fläche des Gefässes (nach vorhergegangener sehr langsamer Fortbewegung der Wandung entlang bis zu dieser Stelle); b) das Aussenden von Fortsätzen in und durch die Gefässwandung; c) das Nachziehen des Zellkörpers, wobei derselbe im Momente des Durchtrittes wie eingeschnürt erscheint, in Folge des Hindurchzwängens; d) das völlige Hindurchtreten durch die Gefässwand und die eventuelle Weiterbewegung durch die Amöboidbewegung. Der Durchtritt erfolgt in den Gewebslücken der Gefässwände, durch die Kittsubstanz der Endothelien oder durch die Stomata. Hering beobachtete, dass aus grösseren Gefässen, welche von Lymphräumen umgeben sind, die Zellen in letztere eintreten, woraus sich erklärt, dass Zellen selbst in solcher Lymphe auftreten können, welche noch keine Drüsen passirt hat. Die Ursache der Wanderung aus den Gefässen liegt theils in der selbstständigen Ortsbewegung, theils ist sie ein physikalischer Act, nämlich Filtration der colloiden Masse der Zellkörper durch die Kraft des Blutdruckes (Hering), in letzterer Beziehung daher wesentlich vom intravasculären Drucke und der Schnelligkeit des Blutstromes abhängig.

Die Elementarkörnchen des Blutes.

Ausserdem kommt im Blute eine geringe Zahl kleiner Körnchen vor, die Elementarkörnchen (s. Figur 5, F). Diese sind entweder kleine unregelmässige Stückchen von Protoplasma, losgelöst von der Oberfläche der Lymphoidzellen oder aus dem Zerfalle derselben hervorgegangen, oder sie stellen völlig kugelige, scharf umgrenzte Körnchen dar, entweder aus Albuminsubstanz, oder aus Fett bestehend: erstere zergehen, wie auch die Protoplasmastückchen, nach Essigsäure-Zusatz, letztere lösen sich in Aether und sind besonders nach sehr fettreicher Nahrung so reichlich vorhanden, dass sie das Serum milchig trüben können.

Fibrinfäden.

Im geronnenen Blute trifft man die zarten Fibrinfäden an (s. Fig. 5, E), spinnwebeartig zwischen den Körperchen ausgespannt. Nach Auflösung der letzteren werden sie isolirt. An einzelnen Stellen, namentlich wo viele Fädchen zusammentreten, erkennt man eine knotenartige stärkere Anhäufung.

16. Abnorme Veränderungen der rothen und weissen Blutkörperchen.

Wirkung der Blutverluste.

1. Alle Blutverluste vermindern zunächst die Zahl (höchstens die Hälfte) der rothen Blutkörperchen, also auch die Menstruation. Der Abgang wird zunächst durch Aufnahme wässeriger Bestandtheile aus den Körpergeweben gedeckt. Die Menstruation gibt uns den Fingerzeig, dass mässige Verluste an rothen Blutkörperchen in 28 Tagen sich ersetzen müssen. Bei grösseren Blutverlusten, welche ein Sinken aller Bildungsprocesse hervorrufen, mag sich diese Zeit bis auf 5 Wochen erhöhen.

Vermindernde Bildung der Blutkörperchen; — Chlorose.

2. Eine verminderte Bildungsthätigkeit neuer rother Blutkörperchen wird ebenso eine Zahlverminderung nach sich ziehen, da fortwährend Blutkörperchen untergehen. Treffen hiermit directe Blutverluste (z. B. Menstruation) zusammen, so kann die Verminderung bedeutend werden. Bei der Chlorose (Bleichsucht) sich entwickelnder Mädchen scheint eine angeborene Schwäche in der Entwickelung der blutbildenden und bluttreibenden (Gefässsystem) Apparate im mittleren Keimblatte die Ursache abzugeben. Bei ihnen sind Herz und Gefässe klein, die absolute Zahl der Blutkörperchen kann sogar bis auf die Hälfte herabgesetzt sein. In den Blutkörperchen selbst, deren relative Zahl erhalten sein kann, ist das Hämoglobin bis gegen $^1/_3$ vermindert (Quincke). Nach Verabreichung von Eisen steigt es wieder (Hayem). — In der sogenannten progressiven perniciösen Anämie, welche sich dadurch kennzeichnet, dass die zunehmende Verminderung des Blutes schliesslich sogar den Tod herbeiführt, liegt jedenfalls ein tiefes Leiden der blutbereitenden Organe zu Grunde. Hier hat man vielfach abnorm kleine Blutkörperchen (Mikrocyten) beobachtet, theils auch unregelmässig geformte oder sehr blasse. Zahlreiche chronische Vergiftungen, wie durch Blei, Sumpfmiasma oder Syphilis, gehen gleichfalls mit Verminderung der Blutkörperchenzahl einher.

Perniciöse Anämie.

Formverschiedenheit und Zerfall rother Körperchen.

3. Abnormitäten in der Form der rothen Blutkörperchen hat man beobachtet nach bedeutenden Verbrennungen; die Körperchen erscheinen erheblich kleiner, und es ist daran zu denken, dass unter dem Einflusse der Verbrennungshitze Tröpfchen von den Körperchen sich losgelöst haben, ähnlich wie man es im mikroskopischen Präparate unter Anwendung der Hitze beobachten kann (Wertheim). Zerfall der Blutkörperchen in viele derartige Tröpfchen sind bei verschiedenen Erkrankungen beobachtet worden. Es handelt sich hier um Bruchstücke von Blutkörperchen, nicht mehr um selbstständige intacte kleine Individuen. — In heftigen Sumpffiebern kommt es nicht selten während der Anfälle zum Zerfalle zahlreicher rother Blutkörperchen. Aus den Bruchstücken gehen dem Hämatin nahestehende dunkle Pigmentpartikeln hervor, die zunächst im Blute schwimmen (Melanämie). Die weissen Blutkörperchen nehmen zum Theil durch ihre Amöboidbewegungen die Partikel in sich auf, weiterhin erscheinen sie in den verschiedensten gefässführenden Geweben deponirt, nament-

lich in der Milz, der Leber, dem Gehirne und dem Knochenmarke (Arnstein).

Abnorme Consistenz. In manchen Fällen zeigen die rothen Blutkörperchen eine ganz abnorme Weichheit, so dass sie unter auffallenden Formveränderungen schon bei geringen äusseren Einwirkungen erscheinen. Ihre Substanz erscheint weich, schmierig, sie schrumpfen sehr leicht zu sonderbaren Formen zusammen, oder senden selbst abnorm gestaltete Fortsätze aus. Die Ursache ist unbekannt.

Die weissen Blutkörperchen zeigen in der sogenannten Leukämie (Virchow) eine excessive Vermehrung, die so weit gehen kann, dass rothe und weisse Körperchen in gleicher Zahl auftreten. Das Blut erhält hierdurch das Aussehen, als sei es mit Milch vermischt, indem an die Stelle der rothen zahlreiche weisse Elemente getreten sind. Der Hauptbildungsherd der weissen Elemente scheint das Knochenmark zu sein (E. Neumann), weiterhin auch die Milz oder die Lymphdrüsen. Ob die Ursache der Leukämie darin besteht, dass die gebildeten weissen Blutkörperchen nicht in rothe umgewandelt werden können (vielleicht in Folge einer schleimig colloiden Veränderung, Biesiadecki), oder darin, dass die überreich entwickelten weissen Elemente eine Ernährungsstörung der Bildungsstätten der rothen veranlassen, ist zweifelhaft.

17. Chemische Bestandtheile der rothen Blutkörperchen.

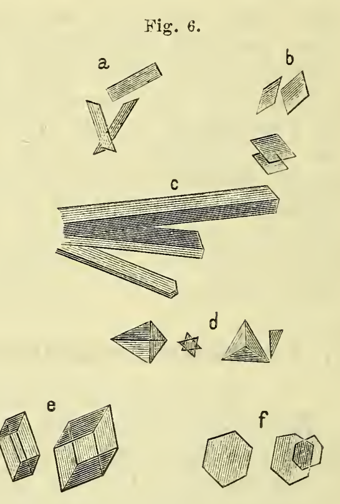
Das Blutroth oder das Hämoglobin. I. Der Blutfarbstoff, Hämoglobin (Hämatoglobulin s. Hämatokrystallin) bedingt die rothe Farbe des Blutes; er findet sich ausserdem noch in dem Muskelgewebe und spurweise in der Blutflüssigkeit (an letzterer Stelle wohl nur als Verunreinigung durch aufgelöste Zellen). Im Spectroskop zeigt es einen Absorptionsstreif im Grünen. (Fig. 8. 4.) Seine procentische Zusammensetzung ist: C 53,85 — H 7,32 — N 16,17 — Fe 0,43 — S 0,39 — O 21,84. Die rationelle Formel ist unbekannt. Trotzdem es eine Colloidsubstanz ist, krystallisirt es doch (Hünefeld 1840, Reichert) bei allen Vertebratenclassen (bei denen man es bis dahin darstellen konnte) im rhombischen Systeme, zumeist in rhombischen Tafeln oder Prismen, beim Meerschweinchen in rhombischen Tetraëdern (v. Lang); allein das Eichhörnchen weicht ab, indem dessen Krystalle hexagonale Tafeln darstellen. Es ist anzunehmen, dass den verschiedenen Formen der Krystalle bei den Thieren auch eine geringe chemische Abweichung in der Zusammensetzung entspreche.

Krystallbildung desselben. Die Krystalle scheiden sich bei sämmtlichen Wirbelthierclassen einfach aus beim langsamen Verdunsten des lackfarbig gemachten Blutes, jedoch mit verschiedener Leichtigkeit. Sehr leicht krystallisirt der Blutfarbstoff von Menschen, Hund, Maus, Meerschweinchen, Ratte, Katze, Igel, Pferd, Kaninchen, Vögeln, Fischen; schwer hin-

gegen vom Schafe, Rinde, Schweine; gar nicht vom Frosche. Selten, aber sicher, sieht man, dass der Blutfarbstoff eines einzigen Blutkörperchens mit Einschluss des Stromas einen kleinen Krystall bildet (Funke), wie ich es auch bei lange stehendem Kaninchenblute gesehen habe. Innerhalb der grösseren Blutkörperchen der Fische liegt der kleine Krystall mitunter innerhalb des Stromas neben dem Kerne; auch hat man in dieser Vertebratenclasse mitunter farblose Krystalle beobachtet.

Dichroismus. Die Blutfarbstoffkrystalle sind doppelbrechend und pleochromatisch: bei durchfallendem Lichte bläulichroth, bei auffallendem scharlachroth. Stets lösen sich die Krystalle (welche 3%—9% Krystallwasser besitzen und daher bei Abgabe desselben unter Verwitterung zertrümmert werden) in Wasser, leichter in dünnen Alkalien. Die Lösungen sind dichroitisch: bei auffallendem Lichte roth, bei durchfallendem grünlich. Unlöslich sind sie in Alkohol, Aether, Chloroform, Fetten.

Fig. 6.



Hämoglobin-Krystalle. *a b* aus Menschenblut; — *c* von der Katze; — *d* vom Meerschweinchen; — *e* vom Hamster; — *f* vom Eichhörnchen.

Durch den Krystallisationsprocess scheint der Blutfarbstoff selbst eine innere Veränderung zu erfahren: Vor der Krystallisation diffundirt er nicht als echte Colloidsubstanz, ferner zersetzt er stürmisch Wasserstoffsuperoxyd. Aus den Krystallen hingegen wieder aufgelöst diffundirt er, wenngleich gering, ferner zersetzt er das Wasserstoffsuperoxyd nicht, und wird bei diesem Processe selbst entfärbt. — Die Hämoglobinkrystalle scheiden sich einer Säure ähnlich am positiven Pole ab.

18. Darstellung der Hämoglobin-Krystalle.

Bereitung der Hämoglobin-Krystalle. Darstellung nach Rollett. Defibrinirtes Blut in einem Platintiegel wird durch Einsetzen des letzteren in eine Frostmischung durch und durch gefrieren gelassen, dann allmählich aufgethaut. Man giesst die lackfarbige Flüssigkeit in eine flache Schale, deren Boden nur $1^1/_2$ Mm. hoch bedeckt wird, und lässt ganz langsam an kühlem Orte abdunsten. Je nach der Art des Blutes scheiden sich bald früher, bald später die Krystalle ab.

Darstellung nach Hoppe-Seyler. Defibrinirtes Blut wird mit 10 Volumen einer Kochsalzlösung (2%) vermischt und absetzen gelassen. Nach 2 Tagen wird die helle obenstehende Schicht abpipettirt, der dicke Blutkörperchen-Bodensatz wird mit etwas Wasser in einen Glaskolben gespült und lange mit gleichem Volumen Aether geschüttelt, wodurch die Blutkörperchen sich auflösen. Nach kurzem Stehen wird der obenschwimmende Aether abgehoben, die Lack-

farbe kalt filtrirt und mit $^1/_4$ Volumen kalten (0°) Alkohol versetzt; in der Kälte lässt man einige Tage stehen. Die nun reichlich gebildeten Krystalle können auf dem Filter gesammelt und zwischen Fliesspapier abgepresst werden.

Darstellung nach Gscheidlen. Dieser Forscher erzielte die grössten Krystalle von mehreren Centimetern Länge dadurch, dass er defibrinirtes Blut, welches 24 Stunden an der Luft gestanden hatte, in kleinen Glasröhrchen einschmolz und mehrere Tage bei 37° C. aufbewahrte. Nunmehr auf einer Glasplatte ausgebreitet, lässt das Blut die Krystallc anschiessen.

19. Quantitative Bestimmung des Hämoglobins.

Mengenbestimmung des Hämoglobins.

a) Aus dem Eisengehalt desselben. Da in trockenem (100° C.) Hämoglobin 0,43% Eisen dem Gewichte nach enthalten sind, so kann man also aus dem Eisengehalt des Blutes den Hämoglobingehalt berechnen. Bedeutet m die Gewichtsmenge des gefundenen metallischen Eisens in Procenten, so ist der Procentgehalt des Blutes an Hämoglobin $= \frac{100\ m}{0,43}$.

Die Procedur ist folgende: Ein bestimmtes Quantum Blut wird verascht, die Asche zur Bereitung von Eisenchlorid mit Chlorwasserstoffsäure erschöpft. Hierauf wird das Eisenchlorid in Eisenchlorür übergeführt und dieses durch Lösung von übermangansaurem Kali titrirt.

b) Colorimetrisch. Man bereitet sich eine wässerige verdünnte Lösung aus krystallisirtem Hämoglobin, deren Gehalt man somit genau kennt. Mit dieser vergleicht man wässerige Verdünnungen des zu untersuchenden Blutes, indem man dem letzteren so lange Wasser zusetzt, bis die Farbe der Hämoglobinlösung erreicht ist. Die zu vergleichenden Proben befinden sich in gleichen, namentlich genau gleich dicken Glasgefässen (Hoppe-Seyler).

c) Durch den Spectralapparat. Preyer fand, dass eine (1 Cm. dicke) Lösung von 0,8 % in Wasser ausser Roth und Gelb das erste Streifchen Grün im Spectralapparat erkennen lässt (s. Fig. 8, 1). Man nehme nun das zu untersuchende Blut (etwa 0,5 Cm.), und verdünne es so lange mit Wasser, bis ganz derselbe optische Effect im Spectralapparat sich zeigt. Ausser gleicher Dicke der Schichten der Flüssigkeit (= 1 Cm.), ist gleiche Spaltgrösse und gleicher Abstand des Gefässes vom Spalt des Spectroskopes, sowie gleich starke Lichtquelle (Stearinkerze) zu benutzen. Ist k der Procentgehalt an Hämoglobin, die das Grün durchlässt (0,8%), b das zu untersuchende Blutvolum (etwa 0,5 Cubikcm), w das nothwendige Verdünnungswasser, so ist x (der Procentgehalt des zu untersuchenden Blutes an Hämoglobin)

$$x = \frac{k\ (w + b)}{b}$$

Sehr zweckmässig wird dem Blute eine Spur Aetzkali zugesetzt und dasselbe mit CO gesättigt.

20. Anwendung des Spectralapparates.

Einrichtung des Spectralapparates.

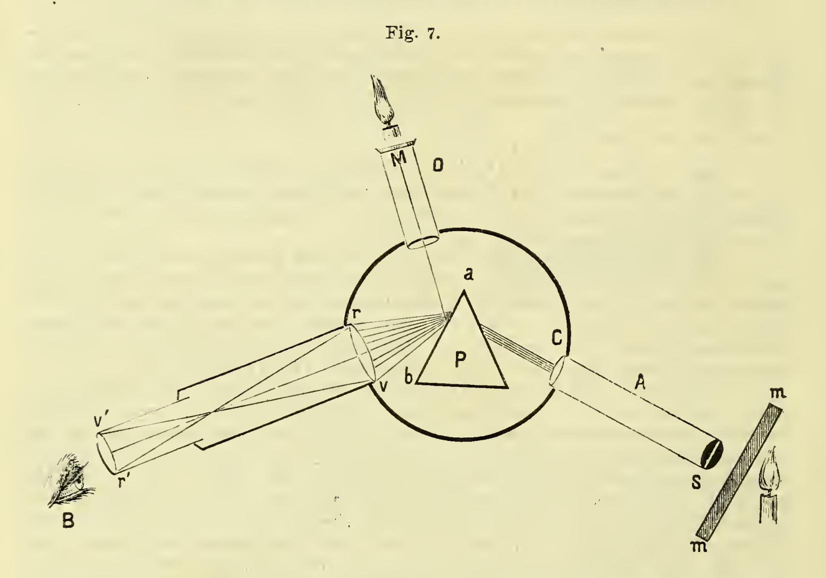
Da das Spectroskop vielfach zur Untersuchung des Blutes (aber auch anderer Substanzen des Körpers) angewandt wird, so soll hier eine kurze Beschreibung desselben folgen (Fig. 7). Dasselbe besteht 1. aus der Röhre A, welche an ihrem peripheren Ende einen Spalt s besitzt (der enger und weiter gemacht werden kann). Am anderen Ende ist eine Sammellinse C (Collimator genannt) so angebracht, dass der Spalt genau im Brennpunkt dieser Linse steht. Licht (von der Sonne oder Lampe), welches den Spalt erleuchtet, geht also genau parallel durch C gegen: 2. das Prisma P, durch welches bekanntermassen parallele Strahlen gebrochen und in die Regenbogenfarben r—v zerlegt werden. 3. Ein astronomisches (bildumkehrendes) Fernrohr ist auf das Spectrum r—v gerichtet und der Beobachter B sieht mit Hilfe des Fernrohrs dasselbe 6—8mal vergrössert. 4. Ein drittes Rohr D enthält auf Glas eine zierliche Scala M, die beleuchtet ihr Bild auf die Prismafläche ab wirft, die es durch

Reflection in das Auge des Beobachters spiegelt. So sieht der Beobachter das Spectrum und in oder über demselben die Scala. Zur Abhaltung äusseren störenden Lichtes sind das Prisma und die inneren Enden der drei Röhren von einer geschwärzten Metallkapsel umgeben.

Absorptions-spectra.

Absorptionsspectra. Bringt man zwischen Spalt und Lichtquelle ein gefärbtes Medium mm, etwa Blutlösung, so lässt dieses nicht alle Strahlen des weissen Lichtes durch, vielmehr werden einige absorbirt, so vom Blutroth viele Strahlen gelben Lichtes. Daher erscheint dem Beobachter jener Theil des Spectrums dunkel, dessen Strahlen nicht durchgelassen werden. Wegen dieser Absorption nennt man diese Spectra Absorptionsspectra.

Fig. 7.



Schema des Spectralapparates zur Beobachtung der Absorptionsspectren des Blutes.

Flammen-spectra.

Flammenspectra. Lässt man Aschenbestandtheile vor dem Spalte in nicht leuchtender (Gas-) Flamme an der Spitze eines Platindrahtes verbrennen, so geben die in der Asche befindlichen Elemente einen in besonderer Farbe leuchtenden Streif, der eine bestimmte Lage inne hat. So gibt Natrium eine gelbe, Kalium eine rothe und eine violette Linie, die man bei Verbrennung der Aschen fast aller Organe findet.

Frauenhofer'sche Linien.

Lässt man durch den Spalt allein das Sonnenlicht einfallen, so zeigt das Spectrum eine grosse Zahl von Linien (Frauenhofer'sche Linien) in genau bestimmter Lage innerhalb der Farben, nach denen man sich im Spectrum rücksichtlich der Oertlichkeit zu orientiren pflegt. Sie werden bezeichnet mit A B C D etc. a b c etc. (s. Fig. 8).

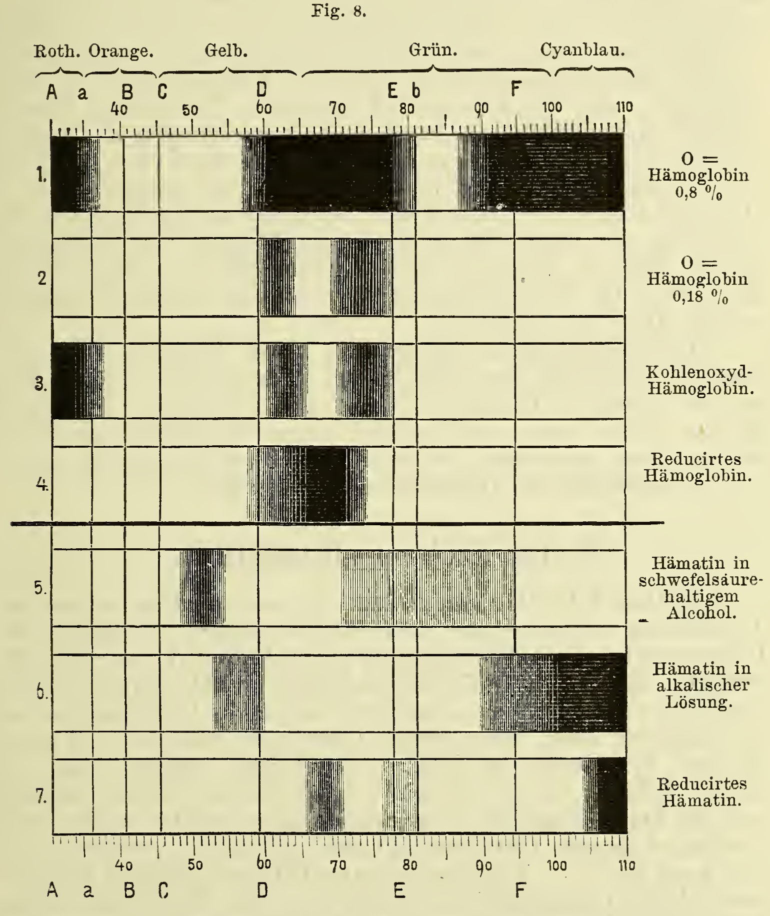
Verbindungen des Hämoglobins.

Das O-Hämoglobin.

1. Das Sauerstoff-Hämoglobin oder Oxyhämoglobin, einer schwachen Säure sich ähnlich verhaltend, (86,78—94,30 %) in trockenen rothen Körpern vom Menschen [Jüdell] entsteht überall, wo Hämoglobin mit O oder atmosphärischer Luft in Berührung kommt, mit grösster Leichtigkeit. Es ist eine sehr

lockere chemische Verbindung; das Spectroskop zeigt an demselben zwei dunkle Absorptionsstreifen in Gelb und Grün (Hoppe-Seyler), deren Lage und Breite in 0,18 % Lösung die Figur 8 (2) angibt.

Fig. 8.



Die verschiedenen Absorptionsspectra des Blutfarbstoffes. — In allen Spectren sind die Frauenhofer'schen Linien und ein Maassstab (Scala) nach mm. eingezeichnet.

Es findet sich innerhalb der Blutkörperchen im kreisenden Blute der Arterien und Capillaren (wie die spectroskopische Untersuchung des dünnen Kaninchenohres und der dünnen Hautschichten zwischen zwei an einander gelegten Fingern zeigt). Das Oxyhämoglobin gibt seinen O jedoch sehr leicht ab, schon durch Mittel, welche absorbirte Gase entbinden: durch Ent-

Reduction desselben. gasen unter der Luftpumpe, Durchleiten anderer Gase (namentlich CO und NO) und Erhitzen bis zum Siedepunkte. Auch im circulirenden Blute wird der O schnell an die Körpergewebe abgegeben, so dass bei durch Erstickung getödteten Thieren nur einfaches (reducirtes) Hämoglobin in den Adern angetroffen wird. Auch Bestandtheile des Serums und Zucker nehmen den O fort. Durch Hinzufügen von reducirenden Substanzen zu einer Oxyhämoglobinlösung (Ammoniumsulphid, oder ammoniakalische weinsaure Zinnoxydullösung, oder Eisenfeile, oder Stokes'scher Flüssigkeit: [Weinsäure, Eisensulphid und überflüssiges Ammoniak]) verschwinden die beiden *Reducirtes Hämoglobin.* Streifen des Oxyhämoglobins, es entsteht reducirtes Hämoglobin (gasfreies) (Fig. 8, 4), kenntlich an seinem einen Absorptionsstreif (Stokes 1864). Schütteln mit Luft ruft jedoch sofort wieder zwei Streifen durch die Bildung von Oxyhämoglobin hervor. Lösungen des Oxyhämoglobins unterscheiden sich leicht durch ihre Scharlachfarbe von dem mehr wein-violettrothen Tone des reducirten.

Spectroskopische Untersuchung kleinsterBlutspuren zu forensischen Zwecken durch das Spectroskop. Die spectroskopische Untersuchung kleiner Blutflecken, etwa zu forensischen Zwecken, kann von grösster Wichtigkeit sein. Es genügt oft ein minimales Fleckchen. Mit 1 oder 2 Tropfen destillirten Wassers gelöst, lässt es sich in einem dünnen Glasröhrchen der Länge nach vor den engen Spalt des Spectroskopes bringen: es erscheinen die beiden Streifen des Oxyhämoglobins (Leube).

21. Das Kohlenoxydhämoglobin.

Das CO-Hämoglobin. 2. Das CO-Hämoglobin ist eine festere chemische Verbindung als die vorige und entsteht sofort, wenn CO in Contact mit reinem Blutfarbstoff oder O-Hämoglobin gebracht wird (Cl. Bernard 1857). Es ist kirschroth, hat in seinem Spectrum zwei Absorptionsstreifen, die dem des Oxyhämoglobins sehr ähnlich sind, nur etwas näher an einander und zum Violett hin liegen (s. Fig. 8, 3). Leicht erkennt man es jedoch dadurch, dass reducirende Substanzen (welche auf das Oxyhämoglobin einwirken), diese Streifen nicht auslöschen, d. h. das CO-Hämoglobin nicht in reducirtes *Es ist nicht reducirbar.* verwandeln. — Ein ferneres gutes Erkennungsmittel (gegenüber dem Oxyhämoglobin) besteht in der Natronprobe. Eine 10%. Aetznatronlösung zu CO-Hämoglobin hinzugefügt *Hoppe-Seyler's Natronprobe auf CO-Hämoglobin.* und erwärmt erzeugt eine zinnoberrothe Färbung; — dieselbe Lauge zu Oxyhämoglobin gefügt, erzeugt eine schwarzbraune grünliche schmierige Masse (Hoppe-Seyler). Die spectral-analytische Untersuchung und die Natronprobe lassen etwa noch $^1/_{10}$ CO-Hämoglobin mit $^9/_{10}$ O-Hämoglobin vermischt erkennen.

Wegen seiner grösseren Beständigkeit widersteht das CO-Hämoglobin äusseren Einflüssen, so auch der Fäulniss. In dem Blute einer an CO-Vergiftung

gestorbenen Frau, welches wegen der Fäulniss der Eiweisskörper stark stank, jedoch seine kirschrothe Farbe noch bewahrt hatte, konnte ich durch das Spectroskop und die Natronprobe noch ganz bestimmt CO-Hämoglobin erkennen nach Verlauf von 18 Monaten (und zweifellos noch länger; ähnlich Hoppe-Seyler).

Aufnahme und Abgabe des CO durch die Athmung.

Wird CO von Menschen oder Thieren eingeathmet (es bildet sich durch unvollständige Verbrennung der Brennmaterialien in den Oefen und erscheint daher in der Luft der Wohnräume, wenn die Ofenklappen zu früh geschlossen werden; auch dem Brenngase ist es in 12%—28% beigemischt und verleiht diesem seine Giftigkeit), so verdrängt allmählich 1 Volumen desselben stets 1 Volumen O aus dem Hämoglobin (Loth. Meyer) und es erfolgt schliesslich der Tod; 1000 Ccm. CO tödten den Menschen, wenn es auf einmal geathmet wird. Da durch anhaltende Behandlung (Durchleiten) des CO-Hämoglobins mit anderen Gasen (namentlich auch mit O) allmählich das CO wieder vom Hämoglobin getrennt werden kann (unter Neubildung von Oxyhämoglobin [Donders]), so erklärt sich, warum nach schwächerer CO-Vergiftung allmählich von selbst das Blut sich wieder durch die Athmung desselben entledigt. (Hochgradige Vergiftungsfälle erfordern unbedingt die Transfusion [siehe unten]).

22. Erscheinungen der Kohlenoxyd-Vergiftung.

Zeichen, Verlauf und Ausgänge der CO-Vergiftung.

Wird durch Athmung CO-haltiger Luft mehr und mehr der O aus dem Blute verdrängt, so kann natürlich das Leben nur so lange bestehen, als noch hinreichend O von dem Blute getragen wird, um die für das Leben nothwendigen Oxydationsprocesse zu unterhalten. Der Tod tritt unter eigenthümlichen Erscheinungen auf noch ehe aller O aus dem Blute verdrängt ist. Direct auf Nerv und Muskel gebracht hat das Gas gar keinen Einfluss (Pokrowski). Vom Blute aus aber zeigen sich Erscheinungen, welche zuerst auf Erregungen, dann auf Lähmungen des Nervensystems schliessen lassen. So zeigen sich zuerst lebhafter Kopfschmerz, grosse Unruhe, Aufregung, verstärkte Herz- und Athmungsthätigkeit, Salivation, Zittern, Zuckungen und Krämpfe. Später treten Unbesinnlichkeit ein, Mattigkeit, Schläfrigkeit, Lähmungen, selbst Verlust des Bewusstseins, mühsame röchelnde Athmung, geschwächter Blutlauf, verminderter Herzschlag, schliesslich völliges Verschwinden der Empfindung, Aufhören der Athmung und des Herzschlages und Tod. Die Temperatur zeigt im Anfange Erhöhung bis gegen einige Zehntel eines Grades C., dann folgt Abnahme derselben bis gegen 1° C. und darüber. Die Pulsschläge zeigen anfangs gesteigerte Energie, später wird der Puls sehr klein und frequent.

Rosenkranzförmige Einschnürungen an den Gefässen, später bedeutende Dilatation derselben mit Blutüberfüllung der Organe, begleitet von Sinken des Blutdruckes (Klebs), deuten auf anfängliche Reizung und spätere Lähmung des vasomotorischen Centrums; hierauf ist auch der besagte Wechsel der Temperatur zu beziehen. Das würde auch das Auftreten von Zucker im Harn (?) andeuten. Nach verlaufener Intoxication soll die Harnstoffausscheidung zunehmen, weil die Albuminate grössere Neigung zum Zerfalle zeigen (Fränkel). — Bei Vergifteten ist auffällig die grosse Blutüberfüllung der Organe und die Erweiterung der Gefässe. Ferner zeigt sich Brüchigkeit und Erweichung des Gehirns, starker Katarrh der Athmungsorgane, körnige Entartung der Muskeln; Leber, Nieren, Milz erscheinen blutreich, vergrössert, schlaff, theils körnig, theils fettig entartet. Alle Muskeln und Eingeweide haben eine exquisit kirschrothe Färbung. — Nach überstandener Vergiftung bleiben mitunter Lähmungen, namentlich der

unteren Körperhälfte, selbst Störungen der Gehirnthätigkeit zurück. — Die giftige Wirkung des Kohlendunstes kannte schon Aristoteles.

Das NO-Hämoglobin. 3. Das Stickoxyd-Hämoglobin entsteht, wenn NO mit Hämoglobin in Verbindung gebracht wird (L. Hermann).

Darstellung. (Da dieses Gas im Contact mit O sich sofort zu Untersalpetersäure verwandelt, so muss bei der Darstelluug des NO-Hämoglobins zuerst jeglicher O aus dem Blut und den Apparaten [etwa durch Durchleiten von H] entfernt werden). Das NO-Hämoglobin ist eine noch stärkere chemische Verbindung, als das CO-Hämoglobin; es zeichnet sich mehr durch bläulich-violetten Ton aus und gibt im Spectrum gleichfalls zwei Absorptionsstreifen ziemlich ähnlich den der beiden andern Gasverbindungen, aber weniger intensiv. Reducirende Mittel löschen diese Streifen gleichfalls nicht aus. Da das NO-Hämoglobin niemals im Körper entstehen kann, so ist es ohne praktische Bedeutung.

Uebereinstimmende Eigenschaften der gashaltigen Hämoglobine. Die drei besprochenen Verbindungen des Hämoglobins mit O, CO und NO krystallisiren wie das gasfreie Hämoglobin, sie sind isomorph, ihre Lösungen sind nicht dichroitisch. Alle drei Gase verbinden sich zu 1,33—1,35 Ccm. (bei 0° und 1 Meter Druck) mit 1 Grm. Hämoglobin (Preyer, L. Hermann). Lässt man durch concentrirte Lösungen von gasfreiem Hämoglobin O hindurchleiten, so bildet sich leicht ein Krystallbrei von Oxyhämoglobin.

Acetylen- und Cyanwasserstoff-Hämoglobin. 4. Auch Cyanwasserstoff CNH — (Hoppe-Seyler) und Acetylen C_2H_2 — (Bistrow, Liebreich) bilden leicht zersetzliche Verbindungen mit Hämoglobin; ersteres entsteht bei der Blausäurevergiftung, hat zwei etwas mehr zum Violetten hin liegende Streifen wie das Oxyhämoglobin, welche durch reducirende Substanzen verlöschen. Das Blausäure-Hämoglobin scheint aus Blausäure + Oxyhämoglobin zu bestehen. Es gibt auch eine Verbindung von CNH mit O-freiem Hämoglobin.

Einwirkung der Kohlensäure. 5. Lässt man CO_2 längere Zeit durch O-Hämoglobinlösung streichen, so entsteht zuerst reducirtes Hämoglobin. Bei anhaltender Durchströmung wird das Hämoglobin zerlegt, es entsteht ein Globulinniederschlag und ein Absorptionsstreif ähnlich dem des durch Säure zersetzten Hämoglobins (siehe unten).

23. Zerlegung des Hämoglobins.

Sowohl in Lösung als auch trocken aufbewahrt geht Hämoglobin allmählich leicht in Zersetzung über, wobei sich der eisenhaltige Farbstoff Hämatin trennt neben auftretender Ameisen- und Buttersäure.

Zerlegung des Hämoglobins in Hämatin und globulinartige Eiweisssubstanz. Das Hämoglobin kann aber momentan zerlegt werden 1. in das eisenhaltige gefärbte Hämatin und 2. in einen dem Globulin sehr nahestehenden farblosen Eiweisskörper: a) durch Zusatz aller Säuren, selbst der schwachen CO_2 bei Gegenwart von viel Wasser; b) durch starke Alkalien, und c) durch alle das Eiweiss coagulirenden Agentien, auch durch Hitze bei 70°—80° C.

Bei Luftabschluss entsteht bei dieser Spaltung zuerst Hämochromogen (Hoppe-Seyler) purpurfarben mit vier Absorptionsstreifen, bei Zutritt von O sodann schnell aus diesem das Hämatin.

A) Das Hämatin (mit der Formel C_{68} H_{70} N_8 Fe_2 O_{10} *Hämatin.* beträgt etwa 4 % des (Hunde-) Hämoglobins. Es ist unlöslich in Wasser, Alkohol, Aether, löslich in verdünnten Alkalien und Säuren und angesäuertem Aether.

α) Hämatin in saurer Lösung. Lecanu zog es zuerst *Hämatoin.* aus trockenen Blutkörperchen mit schwefelsäure- oder weinsäurehaltigem Alkohol aus (Fig. 8, 5). Versetzt man eine Blutfarbstofflösung mit etwas Essigsäure, so bildet sich ein mahagonibraunes Fluidum, indem „Hämatin in saurer Lösung" entsteht, kenntlich durch einen Absorptionsstreif im Rothen. Neuere Beobachtungen haben gezeigt, dass das Hämatin sein Eisen abgegeben hat (C_{68} H_{74} N_8 O_{12}); man nennt es nunmehr Hämatoin (Preyer). Es ist durch Aether ausziehbar.

β) Uebersättigt man diese Lösung mit Ammoniak, so bildet sich *Hämatin in alkalischer Lösung.* „Hämatin in alkalischer Lösung" (indem das Hämatoin das Eisen wieder aufnimmt), einen Absorptionsstreif an der Grenze von Roth und Gelb bewirkend (Fig. 8, 6).

γ) Ein Zusatz reducirender Agentien bringt diesen Streif zum *Reducirtes Hämatin.* Verlöschen und ruft zwei breite Streifen im Gelben hervor, herrührend von dem somit entstandenen „reducirten Hämatin" (Fig. 8, 7).

24. Das Hämin (Chlor-Hämatin); Erkennung des Blutes durch die Häminprobe.

Teichmann stellte 1853 aus Blutfarbstoff Krystalle dar (die Hoppe-Seyler als Chlorhämatin oder salzsaures Hämatin chemisch bestimmt hat), welche von der allergrössten Wichtigkeit sind zur Erkennung von Blut, sei es in aufgetrockneten Flecken, sei es in Flüssigkeiten aufgelöst (Fig. 9). Sie spielen daher in der forensischen Medicin eine überaus wichtige Rolle. Die Darstellung beruht darauf, dass Blutfarbstoff getrocknet, mit Ueberschuss von wasserfreier Essigsäure (sog. Eisessig; er muss am Glasstabe in der Flamme brennen!) und Zusatz von einem Minimum von Kochsalz erwärmt (bei der Probe im Kleinen genügt die Grösse eines Sandkörnchens) die durchaus charakteristischen Häminkrystalle liefert (Haematin + 2 HCl).

Die Häminkrystalle sind in wohl ausgebildeter Form *Mikroskopische Formen der Häminkrystalle.* kleine rhombische Täfelchen, oder rhombische Bälkchen oder Stäbchen. Nicht selten haben sie die Form von Hanfkörnern, Weberschiffchen oder von Paragraphzeichen. Mitunter liegen einige gekreuzt oder in Büscheln. Manche Blutarten (Rind und Schwein) liefern oft ganz unregelmässige, kaum als krystallinisch zu erkennende Massen. — Sie sind doppelbrechend und pleochromatisch: bei auffallendem Lichte sind sie blauschwarz (wie angelaufener Stahl

glänzend), bei durchfallendem mahagonibraun. Auf Porcellan gerieben geben sie einen braunen Strich.

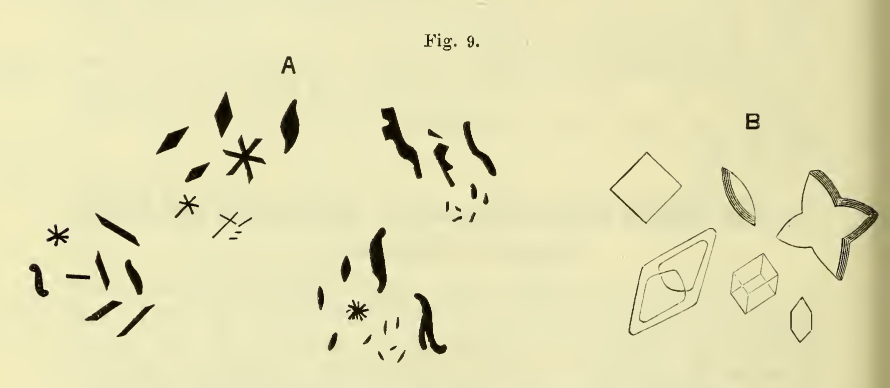
Darstellung der Krystalle aus trockenen Flecken.

1. Darstellung aus trockenen Blutflecken. Man bringt einige Partikeln der trockenen Masse auf einen Objectträger, setzt 2—3 Tropfen Eisessig und ein kleinstes Körnchen Kochsalz zu und erwärmt nach Auflage des Deckgläschens vorsichtig über einer Spiritusflamme so lange, bis sich einige kleine Bläschen bilden. Hierauf erkaltet zeigt das Präparat die Krystalle.

Darstellung aus imbibirtem Blutfarbstoff.

2. Darstellung aus Flecken auf porösen Körpern, von denen der Farbstoff sich nicht abschaben lässt. Das behaftete Stück (Zeug, Holz, Fliesspapier, Erde) wird im Reagensglase mit wenig Wasser extrahirt. Das Extract wird vorsichtig bei schwacher Hitze in Schälchen eingetrocknet und nun verfahren wie bei 1.

Fig. 9.



A Häminkrystalle (salzsaures Hämatin) in verschiedenartigen Formen. — *B* Krystalle des Hämatoidin.

Darstellung aus gelöstem Farbstoffe.

3. Darstellung aus flüssigem Blute. Stets soll das Blut vorher langsam und vorsichtig getrocknet werden; hierauf Verfahren wie bei 1.

4. Darstellung aus sehr verdünnten blutfarbstoffhaltigen Lösungen.

a) Nach Struve: Man setzt der Flüssigkeit zu: Ammoniak, dann Gerbsäure, dann Essigsäure bis zur sauren Reaction. Es bildet sich schnell ein schwärzlicher Niederschlag von gerbsaurem Hämatin. Dieser wird isolirt, getrocknet und behandelt wie bei 1., nur statt Kochsalz ein Körnchen Salmiak zugesetzt.

b) Nach Guning und van Geuns. Weniger möchte ich empfehlen durch essigsaures Zink einen röthlichen Niederschlag zu erzeugen, zu trocknen und zu behandeln wie 1.

Nicht selten lassen sich noch Häminkrystalle darstellen aus völlig gefaultem und lackfarbigem Blute, die aber oft nur sehr klein ausfallen; oft versagt hier aber die Probe. Mit

Eisenrost (etwa auf Waffen) eingetrocknet, gibt Blut meist nicht mehr die Krystalle. In solchen Fällen schabt man nach Hein. Rose die Masse ab und kocht sie mit verdünnter Aetzkalilösung. War Blut beigemischt, so bildet das gelöste Hämatin ein Fluidum, das in dünnen Schichten gallengrün, in dicken hingegen roth aussieht.

H. Rose's Blutprobe.

Die Häminkrystalle sind aus allen Wirbelthierclassen dargestellt, ebenso aus dem Blute des Regenwurmes. —

Chemische Eigenschaften des Hämin's.

Sie sind unlöslich in Wasser, Alkohol, Aether, Chloroform. Concentrirte Schwefelsäure löst sie unter Austreibung der Chlorwasserstoffsäure in violettrother Farbe. Unter den Alkalien löst Ammoniak sie auf. Wird diese letztere Lösung verdunstet, dann auf 130° C. erwärmt, sodann mit kochendem Wasser behandelt, welches das gebildete Chlorammonium auszieht, so entsteht das reine Hämatin (Hoppe-Seyler). Dies ist ein blauschwarzes, beim Reiben braunes amorphes Pulver. Seine Lösungen in kaustischen Alkalien sind dichroitisch: bei auffallendem Lichte braunroth, bei durchfallendem in dicker Schicht granatroth, in dünner olivengrün. Die sauren Lösungen sind monochromatisch, braun.

Es ist schon Mulder gelungen „eisenfreies Hämatin“ zu bereiten durch Behandlung mit starken Mineralsäuren (= Hämatoin).

Wichtig ist, dass das Hämatin in alkoholischer Lösung, mit Zinn und Salzsäure reducirt, Urobilin liefert (Hoppe-Seyler).

25. Das Hämatoidin.

Das Hämatoidin identisch mit Bilirubin.

Ein bemerkenswerther Abkömmling des Blutfarbstoffes ist das Hämatoidin (Virchow), Fig. 9 B, welches sich im Körper überall dort bildet, wo Blut ausserhalb des Kreislaufes stagnirt und der Zersetzung anheimfällt, so z. B. bei Blutergüssen in die Gewebe (namentlich im Gehirne in den den Blutschlagfluss bedingenden Blutaustritten), ferner in geronnenen Blutpfröpfen (Thromben), welche die Gefässe mitunter (namentlich die Venen) verstopfen. Ganz regelmässig bildet es sich ferner in einem jeden Graaf'schen Follikel, aus dem in denselben sich ergiessenden Blutstropfen (bei der menstrualen Zerreissung desselben). Dieser Körper ($C^{32} N^{36} N^{4} O^{6}$) ist eisenfrei, krystallisirt in klinorhombischen Prismen, hat eine fuchsgelbrothe Farbe. Er ist löslich in warmen Alkalien, Schwefelkohlenstoff, Benzol, Chloroform. Er ist höchst wahrscheinlich identisch mit dem Gallenfarbstoffe Bilirubin (s. diesen) (Valentiner).

Nach umfangreicher Auflösung von Blut in den Gefässen (nach Einspritzung fremdartigen Blutes) sah man Hämatoidin-Krystalle im Urine (v. Recklinghausen, Landois).

26. B) Der farblose Eiweisskörper des Hämoglobins

steht dem Globulin sehr nahe. Das Globulin wird durch alle Säuren, selbst die schwache CO_2 gefällt und dann durch durchgeleiteten O wieder aufgelöst. Der Eiweisskörper des Hämoglobins löst sich jedoch nicht nach seiner Fällung durch O wieder auf.

Da man die Hämoglobin-Krystalle unter besonderen Bedingungen entfärben kann, so ist es das Wahrscheinlichste, dass die Hämoglobin-Krystalle ihre Form dem Eiweisskörper verdanken.

27. II. Dem Stroma angehörende Eiweisskörper

5,10—12,24 % in trockenen rothen Körpern des Menschen [Jüdell], die im Ganzen sehr wenig bekannt sind. Zu diesen gehören Globulin (vielleicht auch noch andere Albuminate), ein diastatisches Ferment in Spuren (v. Wittich). Mitunter beobachtet man, dass das Stroma, zu Haufen verklebt, eine dem Faserstoff sehr ähnliche, vielleicht identische Masse bildet (Landois).

In den Kernen der kernhaltigen rothen Blutzellen fand L. Brunton einen mucinhaltigen Körper, und Miescher das sogenannte Nuclein.

28. Die übrigen Bestandtheile der rothen Blutkörperchen.

III. Lecithin (0,35—0,72 % in trockenen Blutkörperchen, Jüdell), welches ausserdem im Gehirn, dem Eidotter und dem Samen angetroffen wird.

Es ist seiner Constitution nach als glycerinphosphorsaures Neurin zu betrachten, in welchem im Radicale der Glycerinphosphorsäure zwei Atome H durch zwei Stearinsäureradicale ersetzt sind. Die Glycerinphosphorsäure kann man schon bei Anwendung gelinder Wärme in Glycerin und Phosphorsäure zerlegen.

Cholesterin (0,25 %), Fette —, Seifen (?): alle diese in Aether auflösbar.

Man erhält diese Körper, indem man entweder grössere Mengen Stroma oder das Blut selbst mit Aether schüttelt. Lässt man den Aether verdunsten, so erkennt man die charakteristischen knolligen „Myelinformen" des Lecithins und Cholesterin-Krystalle.

Aus dem P-Gehalte des Aetherauszuges lässt sich auch der Gehalt desselben an Lecithin bestimmen.

IV. Wasser (681,63 pro Mille; C. Schmidt).

V. Salze (7,28 pro Mille. C. Schmidt), namentlich Kali und Phosphorsäure-Verbindungen; die Phosphorsäure nur aus verbranntem Lecithin herrührend. Die Schwefelsäure entstammt grösstentheils dem bei der Analyse verbrannten Hämoglobin.

Blutanalyse nach Carl Schmidt.

In 1000 Gewichtstheilen Blut sind enthalten:

487 Theile Plasma

513 Theile Blutzellen.

1000 Gewichtstheile Blutzellen enthalten:

681,63 Wasser

318,37 feste Stoffe
- a) Gesammteiweiss 296,07
- b) Hämatin . . 15,02
- c) Salze . . . 7,28
  - Chlorkalium . . . 3,679
  - Kaliumsulfat . . 0,132
  - Kaliumphosphat . 2,343
  - Natriumphosphat . 0,633
  - Natron 0,341
  - Calciumphosphat . 0,094
  - Magnesiumphosphat 0,060
  - Eisen unbestimmt.

29. Chemische Bestandtheile der Lymphoidzellen.

Chemie der weissen Blutkörperchen.

Auf die chemischen Bestände der weissen Blutkörperchen hat man namentlich aus Untersuchungen der identischen Eiterzellen geschlossen.

Sie enthalten verschiedene Eiweisskörper, unter diesen auch fibrinoplastische Substanz und Gerinnungsferment, ferner das Nuclein der Kerne (Miescher) N, S und P enthaltend.

Vielleicht findet sich konstant Glycogen (Salomon).

In 100 Gewichtstheilen trockenen Eiters fanden sich:

0,416 phosphorsaure Erden
0,606 „ Natron
0,201 „ Kali
0,143 Kochsalz.

30. Das Blut-Plasma und sein Verhältniss zum Serum.

Die noch unveränderte Flüssigkeit des Blutes, in welcher die morphologischen Elemente desselben schwimmen, heisst Plasma. In dieser Flüssigkeit kommt es jedoch nach ihrer Entfernung aus den Blutgefässen meist schon nach kurzer Frist zur Ausscheidung eines festen faserigen Stoffes, des Faserstoffes, der sich durch den Zusammentritt 3 besonderer Substanzen, der sogenannten Fibringeneratoren, bildet. Ist diese Abscheidung geschehen, so wird die neue übrig bleibende, spontan nicht mehr gerinnende Flüssigkeit (d. h. also Plasma minus den Fibringeneratoren) Serum genannt. Abgesehen von der Gegenwart der Faserstoffbildner muss also die chemische Zusammensetzung des Plasmas und Serums die gleiche sein.

Das Blutplasma.

Das Serum.

Doch enthält das Serum noch einen Theil des einen Fibrinbildners, nämlich der fibrinoplastischen Substanz. Das Plasma ist ein klares, durchscheinendes, nur etwas dickflüssigeres Fluidum, welches bei den meisten Thieren (Kaninchen, Rind,

Katze, Hund) farblos, beim Menschen gelblich, beim Pferde citronengelb ist.

Darstellung des Plasma's.

Isolirung des Plasma's durch Kälte.

A. Ohne Vermischung. Die Eigenschaft des Plasma's, dass dasselbe bis gegen 0° abgekühlt längere Zeit hindurch ausserhalb des Körpers nicht gerinnt, benutzte Brücke, um das Plasma in folgender Weise darzustellen. Das aus der Ader strömende Blut (namentlich des Pferdes, das sich ganz besonders wegen der langsamen Gerinnung und schnellen Senkung der Blutkörperchen zur Plasmadarstellung eignet) wird in einem engen, in Kältemischung stehenden, auf 0° abgekühlten Cylinder aufgefangen. In dem flüssigbleibenden Blute senken sich innerhalb einiger Stunden die rothen Körperchen und das Plasma bildet oben eine mit der (abgekühlten) Pipette abhebbare klare Schicht. Wird diese Flüssigkeit schliesslich noch (auf eiskaltem Trichter) filtrirt, so ist das Plasma auch von allen weissen Körperchen befreit.

Quantitative Bestimmung des Plasma's.

Die Menge des so separirten Plasma's kann man in einem graduirten Cylinder ablesen (allein offenbar nur unvollkommen, weil zwischen den abgesetzten Körperchen noch Plasma vorhanden ist). Erwärmt geht das Plasma (durch Bildung des Faserstoffes) in eine zitternde Gallerte über; schlägt man es jedoch mit einem Stabe bei gleichzeitiger Erwärmung, so erhält man den Faserstoff als fadenreiche Masse isolirt.

Bestimmt man die durch Schlagen isolirte Menge des Fibrins in einem abgemessenen Volumen Plasma (schwankend von 0,7—1,0 %), und ebenso in einer zweiten Probe die Menge Fibrin in einem abgemessenen Volumen Blutes, so liefern die beiden Bestimmungen Anhalt zur Berechnung der Plasmamenge des Blutes (Hoppe-Seyler). Doch ist diese Bestimmung deshalb nur annähernd, weil die Menge des Faserstoffes in verschiedenen Proben desselben Blutes nicht unerheblich schwankt (Sigm. Maier).

Isolirung des Plasma's durch Salzlösungen.

B. Mit Vermischung. Das aus der Ader strömende Blut wird im graduirten Cylinder unter Umrühren mit $^1/_7$ Vol. conc. Lösung von Natriumsulphat (Hewson) — oder mit 25%. Lösung von Magnesiumsulphat (1 Volum. auf 4 Vol. Blut; Semmer) — oder 1 Vol. Blut mit 2 Vol. einer 4% Lösung von Monokaliumphosphat (Masia) vermischt, so senken sich am kühlen Orte die Zellen, während das mit den Salzen vermischte, klar oben stehende Plasma abpipettirt wird. Wird letzterem der Salzgehalt (durch den Dialysator) entzogen, so tritt Gerinnung ein; dasselbe bewirkt schon eine Verdünnung mit Wasser (Joh. Müller).

31. Der Faserstoff (das Fibrin)

und seine allgemeinen Eigenschaften; die Gerinnung.

Die Faserstoffausscheidung bewirkt die Blut-Gerinnung.

Der Faserstoff (Magendie's Coaguline) ist diejenige Substanz, welche sowohl in dem entleerten Blute, als auch in dem Plasma (ebenso in der Lymphe) durch Festwerden die Gerinnung hervorruft. Werden die beiden genannten Flüssigkeiten ruhig hingestellt sich selbst überlassen, so bildet der Faserstoff sich aus zahllosen (siehe 15. — Fig. 5, E) mikroskopisch äusserst zarten, dicht zusammenliegenden Fäden, welche die Blutzellen wie in einem Spinnwebenetze zusammenhalten und mit ihnen zugleich eine gallertige feste Masse darstellen, die man Blutkuchen (Placenta sanguinis) nennt. Anfänglich ist dieser noch sehr weich und es zeigen sich zuerst nach Verlauf von 2—15 Minuten auf der Oberfläche einige Fäden, die man mit der Nadel abziehen kann, während noch das Innere der Blutmasse flüssig ist. Später breiten sich die Fäden durch die ganze Masse aus. Man hat das Blut in diesem Stadium der Gerinnung mit dem nicht besonders passenden Namen Cruor belegt. Später jedoch (nach Verlauf von 12 bis 15 Stunden) ziehen sich die Faserstofffäden enger und enger um die Körperchen zusammen; es entsteht die festere, mit dem Messer zerschneidbare, allerdings noch zitternde Substanz, welche nun eine klare Flüssigkeit ausgepresst hat, das Blutwasser oder Serum. Der Blutkuchen hat die Gestalt des Gefässes, in welchem das Blut aufbewahrt war.

Placenta sanguinis.

Cruor.

Serum.

Durch Auflösen der Blutkörperchen (mit Wasser) in dem zerstückelten Blutkuchen erhält man den Faserstoff des Blutkuchens isolirt.

Crusta phlogistica oder Speckhaut.

Senken sich die Blutkörperchen im Blute sehr schnell und verzögert sich der Eintritt der Gerinnung, so ist die oberste Partie des Blutkuchens nicht roth, sondern nur gelblich gefärbt wegen des Mangels an eingeschlossenen Blutkörperchen. Dies ist beim Pferdeblut die Regel, beim Menschenblute hat man es namentlich gesehen, wenn Entzündungen im Körper herrschten: daher hat man auch diese Schicht Crusta phlogistica genannt. Derartiges Blut ist faserstoffreicher und gerinnt in Folge dessen langsamer.

Es ist leicht einzusehen, weshalb der Blutkuchen im Bereich dieser körperchenfreien ungefärbten Schicht sich mehr zusammenzieht, also geschrumpfter erscheint. Volumen und Farbe der Crusta phlogistica gehen nach unten allmählich in die des normalen Kuchens über.

Wird das frisch entleerte Blut mit einem Stabe geschlagen, so wickeln sich die sich bildenden Faserstofffäden um den Stab und so erhält man das Fibrin in Gestalt einer festen, faserigen, gelblich-weissen, elastischen Masse aus dem nunmehr „defibrinirten" Blute.

Defibrinirtes Blut.

Das Plasma zeigt ganz analoge Erscheinungen, nur kommt es in ihm (wegen Fehlens der resistenten Blutkörperchen) natürlich nicht zu einer Kuchenbildung, vielmehr bildet die Gerinnung meist nur eine weiche zitternde Gallerte.

Eigenschaften des Faserstoffes.

Obschon das Fibrin voluminös erscheint, so beträgt es doch nur 0,2 % (0,1—0,3 %) der Blutmasse. Hierbei ist merkwürdig, dass in zwei verschiedenen Proben desselben Blutes seine Menge nicht unerheblich schwanken kann (Sig. Mayer). Der Faserstoff ist unlöslich in Wasser und Aether; Alkohol bringt ihn durch Wasserentziehung zum Schrumpfen; Chlorwasserstoffsäure (bis 0,1 %) lässt ihn glasig aufquellen (unter Veränderung zu Syntonin). Er hat frisch ein graugelbliches, faseriges Aussehen und ist zäh elastisch; getrocknet wird er hornartig durchsichtig, spröde und pulverisirbar.

Er löst sich auf in 6—8procentigen Lösungen von Natriumnitrat oder Natriumsulphat, in dünnen Alkalien und Ammoniak (unter Bildung von Alkalialbuminat); Hitze coagulirt diese Lösungen nicht. Werden jedoch zu einer Auflösung von Fibrin in 0,05procentiger Natronlauge Säuren, oder (die schwach alkalisch reagirenden) milchsauern, ameisensauern, buttersauern, essigsauern, valeriansauern Salze des Ammoniaks oder Natrons zugesetzt, so erfolgt Gerinnung (Deutschmann). Wasserstoffsuperoxyd wird vom Faserstoff lebhaft in Wasser und O zerlegt (Thénard). Längere Zeit an der Luft gelegenes Fibrin ist in Salpeterwasser nicht mehr löslich; durch die Fäulniss geht es jedoch in Lösung über unter Bildung von Eiweiss (Liebig). Das Fibrin enthält eingeschlossen Eisen, phosphorsauren Kalk, phosphorsaure Magnesia, deren Herkunft dunkel ist.

32. Allgemeine Erscheinungen bei der Gerinnung.

Die lebendige Gefässwand verhindert die Gerinnung.

I. In unmittelbarer Berührung mit der lebendigen und unveränderten Gefässwand gerinnt das Blut nicht (Brücke 1857). Diese wichtige Thatsache konnte Brücke constatiren, als er das Herz einer Schildkröte mit Blut (welches bei 0° C. 15 Minuten an der Luft gestanden hatte) füllte und in feuchtem Raume aufbewahrte. Innerhalb desselben fand sich noch nach 5½ Stunden das Blut flüssig, während das Herz selbst noch schlug. Er sah sogar bei 0° C. das Blut in noch schlagenden Schildkrötenherzen bis zum 8. Tage ungeronnen. Auch Blut innerhalb eines schlagenden Froschherzens über Quecksilber gebracht, bleibt ungeronnen. Ist die Gefässwand durch pathologische Processe in ihrem normalen Bestehen alterirt, z. B. durch Läsion der Intima rauh und uneben (selbst nur mikroskopisch, Durante), oder entzündlich verändert, so kann bei bestehendem Kreislauf an diesen Stellen Gerinnung eintreten.

Auf pathologisch veränderten Gefässwänden tritt Gerinnung ein.

Innerhalb todter Herzen oder Gefässe, oder innerhalb anderer Canäle, z. B. der Harnleiter, gerinnt das Blut schnell.

Stagnirt das Blut in einem lebenden Gefässe, so tritt in der centralen Axe Gerinnung ein, weil hier der Contact mit der lebenden Gefässwand nicht besteht. — Den Einfluss der

lebenden Gefässwand kannten schon Thackrah (1819) und Astley Cooper einigermassen.

Einflüsse, welche die Blutgerinnung verhindern.

II. Verhindert oder verzögert wird die Gerinnung des Blutes:

a) Durch Zusatz von Alkalien und Ammoniak selbst in geringen Mengen; — ferner von concentrirteren Lösungen neutraler Salze der Alkalien und Erden (der Chloralkalien, ferner der Sulphate, Phosphate, Nitrate, Carbonate). Am günstigsten gerinnungshemmend wirkt Magnesiumsulphat: (1 Vol. Lösung von 28% zu $3^1/_2$ Vol. Pferdeblut.)

b) Durch Zusatz von Essigsäure bis zur sauren Reaction hört die Gerinnung völlig auf. Starker CO_2-Gehalt verzögert gleichfalls wesentlich die Gerinnung, daher das Venenblut langsamer als das arterielle gerinnt. Auch das Blut der Erstickten verhält sich aus demselben Grunde ebenso.

c) Durch Zusatz von Hühnereiweiss, Zuckerlösung, Glycerin und viel Wasser. Wird ungeronnenes Blut mit einer Schicht bereits ausgeschiedenen Fibrins in Contact gesetzt, so erfolgt die Gerinnung später.

d) Durch Kälte bei 0° kann die Gerinnung bis gegen 1 Stunde hintangehalten werden (J. Davy). Wenn man Blut sofort gefrieren lässt, so ist es nach dem Aufthauen noch flüssig und gerinnt erst dann (Hewson). Auch wenn das entleerte Blut unter hohem Drucke steht, gerinnt es später (Landois).

e) Das Blut der Vögelembryonen gerinnt vor dem 13.—17. Tage gar nicht (Boll), das der Lebervenen sehr wenig. Das Menstrualblut zeigt geringere Neigung zur Gerinnung, wenn demselben reichlicher alkalischer Schleim des Geschlechtscanales beigemischt wurde. In reichlicher Menge und schnell abgesondert zeigt es jedoch klumpige Gerinnung.

f) Das faserstoffreichere Blut aus entzündeten Körpertheilen gerinnt langsamer. Bei der sogenannten Blutkrankheit (Haemophilie) scheint wegen Mangels der das Fibrin erzeugenden Substanzen die Gerinnung ganz zu fehlen, weshalb Wunden der Gefässe nicht durch Fibrinpfröpfe verstopft werden.

III. Beschleunigt wird die Gerinnung:

Einflüsse, welche die Blutgerinnung beschleunigen.

a) Durch Berührung mit fremdartigen Substanzen aller Art wird die Gerinnung befördert. Daher überziehen sich Fäden und Nadeln, die in die Adern gebracht sind, leicht mit Fibrin. Auch Einbringung von Luftbläschen in die Gefässe wirkt beschleunigend; die pathologisch veränderte Gefässwand wirkt einer fremden Substanz ähnlich. Aus der Ader entleert, gerinnt das Blut schnell an den Wänden der Gefässe, an der freien, der Luft zugewandten Fläche, an dem Stabe, der es peitscht etc. Durchströmen anderer indifferenter

Gase wie N und H, ferner Zusatz von etwas Wasser, haben gleichen Einfluss.

b) Erwärmung, von 39° bis gegen 55° C. befördert schnell die Gerinnung (Hewson).

Gerinnung bei verschiedenen Thieren

IV. Unter den Vertebraten gerinnt das Blut der Vögel fast momentan, entschieden langsamer das der Kaltblüter, zwischen beiden stehen die Säuger. Das meist farblose Blut der Evertebraten bildet ein weiches weisses Faserstoffgerinnsel.

und in der Lymphe.

— Auch in der Lymphe und im Chylus findet eine langsam auftretende, ein wenig voluminöses weiches Gerinnsel bildende Ausscheidung statt.

Bei der Gerinnung wird Wärme frei.

V. Da es sich bei der Gerinnung um Aenderung des Aggregatzustandes der fibrinerzeugenden Substanzen handelt; so muss natürlich Wärme frei werden (Valentin 1844), wodurch eine durch das Thermometer nachweisbare Erwärmung statt hat.

Bei der Gerinnung erfolgt Säurebildung.

VI. In dem aus der Ader entleerten Blute nimmt bis zur vollendeten Gerinnung der Grad der Alkalescenz ab (Pflüger und Zuntz), wahrscheinlich weil sich in dem Blute durch Zersetzungsvorgänge eine die alkalische Reaction abstumpfende Säure erzeugt (siehe 7. pg. 16).

Ob Elektricität sich bilde?

VII. Ob sich bei der Gerinnung zugleich Elektricitätsentwickelung findet, der Art, dass sich die Stellen, wo die Gerinnung bereits eingetreten, negativ, die noch nicht geronnenen jedoch positiv verhalten, wird vermuthet (L. Hermann), ist jedoch nicht mit Sicherheit erwiesen.

O-Verzehrung und Ammoniak-Ausscheidung bei der Gerinnung.

VIII. Bei der Gerinnung ist eine Abnahme des O im Blute beobachtet worden (doch findet diese auch in noch nicht geronnenem Blute statt), ebenso Ausscheidung von Spuren von Ammoniak (von Richardson fälschlich als Grund der Gerinnung angegeben): beide Vorgänge scheinen jedoch nicht in unmittelbarem oder causalem Connex mit der Fibrinbildung zu stehen.

33. Wesen der Gerinnung.

Die Fibrin-Generatoren.

Alexander Schmidt hat gefunden, dass die Fibrinbildung erfolgt durch das Zusammentreten zweier in der gerinnungsfähigen Flüssigkeit (Plasma) gelöst vorhandener eiweissartiger Substanzen, nämlich der 1. fibrinogenen Substanz und der 2. fibrinoplastischen Substanz. Bei dem Zusammentreten ist endlich 3. die Wirkung eines Fermentes nothwendig, des Gerinnungsfermentes.

Kriterien der fibrinogenen und fibrinoplastischen Substanz.

1. Eigenschaften dieser Substanzen. Die fibrinogene und fibrinoplastische Substanz sind nicht durch scharfe chemische Kennzeichen von einander verschieden, dennoch unterscheiden sie sich wie folgt:

a) Die fibrinoplastische Substanz wird durch die Fällungsmittel aus ihrer Lösung leichter niedergeschlagen als die fibrinogene.

b) Die fibrinoplastische Substanz wird aus ihrer Fällung leichter durch Auflösungsmittel wieder in Lösung gebracht.

c) Die fibrinoplastische Substanz bildet im gefällten Zustande ein sehr leicht aufschwemmbares Präcipitat.

d) Die fibrinogene Substanz haftet als klebriger Niederschlag fest an den Wänden des Gefässes; sie coagulirt bei 56° C.

In ihren chemischen Eigenschaften gleichen beide sehr dem Globulin (Kühne nannte die fibrinoplastische Substanz Paraglobulin); in ihren Reactionen sind sie ferner dem Myosin (gerinnbaren Muskeleiweissstoff) nicht unähnlich.

Wegen ihrer grossen Aehnlichkeit stellt man beide Substanzen nicht aus Blutplasma dar, sondern die fibrinogene aus serösen Transsudaten (Perikardial-, Abdominal-, Pleural-Flüssigkeit), die keine fibrinoplastische enthalten. Die fibrinoplastische Substanz stellt man am leichtesten aus Serum dar (bequemer als aus Plasma), in welchem dieselbe noch reichlich vorhanden ist (in dem jedoch Fibrinogen fehlt).

Fibrinoplastische Substanz durch CO_2 gefällt aus Serum.

2. Darstellung der fibrinoplastischen Substanz. Blutserum wird mit 12fachem Volum. Wasser verdünnt und stark gekühlt, sodann mit verdünnter Essigsäure fast neutralisirt. Hierauf leitet man CO_2 kurze Zeit ein: es bildet sich eine sehr feine gleichmässige Trübung. Nach einigen Stunden ist diese abgesetzt, worauf man filtrirt: auf dem Filtrum bleibt die fibrinoplastische Substanz als weisser Belag.

Rindsserum enthält in 100 Ccmtr. 0,7—0,8 Gr., Pferdeserum 0,3—0,56 Gr. Die fibrinoplastische Substanz kommt namentlich (ausser im Serum) noch reichlich vor in den rothen Blutkörperchen, in der Bindegewebsflüssigkeit, in dem Hornhautsafte.

Fibrinogene Substanz durch Kochsalz gefällt aus lymphatischen Flüssigkeiten.

3. Darstellung der fibrinogenen Substanz. In die serösen Transsudate streut man gepulvertes Kochsalz bis zur völligen Sättigung; besonders empfehlenswerth ist die Flüssigkeit des sog. Wasserbruches oder der Hydrocele in der serösen Umhüllung des Hodens. Das niedergeschlagene Fibrinogen wird ebenfalls auf dem Filtrum gesammelt. (Auch in der Lymphe und in Chylus findet sich diese Substanz.)

Die fibrinogene sowohl als auch die fibrinoplastische Substanz sind beide in sehr verdünnten Alkalien (z. B. Natronlauge) löslich, aus dieser Lösung werden sie durch CO_2-Durchleitung niedergeschlagen. Beide sind ferner löslich in dünner Kochsalzlösung, reichlicher Kochsalzzusatz fällt sie jedoch wieder. Auch sehr verdünnte Chlorwasserstoffsäure löst beide, doch werden sie nach einigem Stehen in einen Syntonin-ähnlichen Körper (Acidalbuminat) verwandelt.

Gerinnungsferment wird durch Alkohol aus Serum gefällt.

4. Darstellung des Gerinnungsfermentes. Blutserum wird mit dem 20fachen Volum. starken Alkoholes vermischt, der entstehende Niederschlag wird nach 1 Monat (frühestens nach 14 Tagen) abfiltrirt. Auf dem Filtrum liegt coagulirtes Eiweiss und das Ferment: man trocknet dieses über Schwefelsäure, dann wird es gepulvert. Je 1 Gr. dieses Pulvers

wird mit 65 Ccmtr. Wasser 10 Minuten zerrührt. Wird nun filtrirt, so geht das Ferment in Wasser gelöst durch das Filtrum, während das Eiweiss auf demselben zurückbleibt.

Das Ferment wird bei der Darstellung der fibrinoplastischen Substanz mechanisch mit niedergerissen. Das Ferment bildet sich erst in den Flüssigkeiten ausserhalb des Körpers, und zwar aus den sich auflösenden weissen Blutkörperchen. Es bildet sich um so mehr Ferment im Blute, je längere Zeit zwischen der Entleerung des Blutes und seiner Gerinnung verstrichen ist. Bei 80° C. wird das Ferment zerstört.

Die Gerinnung entsteht durch den Zusammentritt der drei Generatoren.

5. Der Gerinnungsversuch. Werden die isolirten Lösungen: 1. der fibrinogenen Substanz, 2. der fibrinoplastischen Substanz und 3. des Fermentes zusammengemischt, so entsteht sofort Fibrinbildung. Am günstigsten ist dabei die Körpertemperatur (0° verhindert die Gerinnung, die Siedhitze zerstört das Ferment). Die Gegenwart von O scheint zur Gerinnung nothwendig zu sein. Die Menge des Fermentes ist gleichgiltig: grössere Mengen bedingen schnellere Coagulation, jedoch nicht umfangreichere Fibrinabscheidungen.

Ist innerhalb des Plasmas des Blutes die Gerinnung erfolgt, so ist im Serum alle fibrinogene Substanz verbraucht zur Faserstoffbildung. Dahingegen ist noch fibrinoplastische Substanz und Fibrinferment im Serum in hinreichender Menge in Lösung verblieben. Daher kommt es, dass, wenn zu einer fibrinogenhaltigen (z. B. Hydrocele-) Flüssigkeit Blutserum hinzugesetzt wird, wiederum sofort Gerinnung erfolgt.

Nach Hammersten soll sich Fibrin bilden, wenn allein zu einer Lösung von Fibrinogen das Ferment hinzugesetzt wird.

34. Herkunft der fibrinerzeugenden Substanzen.

Zerfallende weisse Blutkörperchen liefern die Fibrinogeneratoren.

Al. Schmidt hat gefunden, dass alle drei das Fibrin erzeugenden Substanzen sich bilden aus dem Zerfalle von weissen Blutkörperchen. In dem Blute des Menschen und der Säuger ist die fibrinogene Substanz bereits innerhalb des circulirenden Blutes im Plasma aufgelöst, als Lösungsproduct der Rückbildungsprocesse der weissen Zellen. Das Plasma enthält das gelöste Fibrinogen neben dem Serumalbumin als Eiweisskörper. Allein das noch kreisende Blut ist sehr reich an Lymphoidzellen, viel reicher als man es bisher angenommen hat (Al. Schmidt, Landois). Sobald das Blut, die lebende Ader verlassend, entleert wird, gehen massenhaft weisse Körper durch Auflösung zu Grunde (Mantegazza; — nach Al. Schmidt gegen $^9/_{10}$ aller). Die Zerfallproducte lösen sich in der Blutflüssigkeit auf und eines dieser Producte ist die fibrinoplastische Substanz. Zugleich entsteht aus dem Materiale der zu Grunde gehenden farblosen Lymphoidzellen, gewissermassen als ein Leichenproduct, das die Faserstoff-Ausscheidung bewirkende

Entstehung aus Uebergangszellen.

Fibrinferment, welches demnach in den unversehrten Körperchen nicht präexistirt. Auch die sogenannten „Uebergangs-

formen“ zwischen Lymphoidzellen und rothen Blutkörperchen im Säugethierblute liefern durch ihren unmittelbar nach der Entleerung stattfindenden Zerfall fibrinoplastische Substanz und Ferment. — In dem Blute der Amphibien und Vögel sind es die rothen (kernhaltigen) Blutkörperchen, welche nach der Entleerung reichlich zum Zerfalle gelangen und die fibrinbildenden Substanzen liefern. Bei den Blutarten dieser Thiere überzeugte sich A. Schmidt zugleich, dass auch die fibrinogene Substanz ursprünglich ein Bestandtheil der Blutkörperchen ist.

Es ist nun vollkommen klar, dass, sobald durch die Auflösung der Blutkörperchen (weisser oder rother) die Fibringeneratoren in Lösung gehen, alsobald die Fibrinausscheidung durch den Zusammentritt der drei Substanzen erfolgen muss.

35. Beziehung der rothen Blutkörperchen zur Faserstoffbildung.

Auch zerfallende rothe Blutkörperchen liefern die Fibrinbildner.

Dass auch die rothen Blutkörperchen im Stande sind zur Fibrinerzeugung beizutragen, geht aus mancherlei Versuchen hervor.

Hoppe-Seyler machte die Angabe, dass sich aus der Behandlung der kernhaltigen Blutkörperchen der Vögel mit Wasser ein reichlicher Niederschlag gewinnen lasse, der sich zum grössten Theile dem Fibrin ähnlich erweise. Schon Heynsius beobachtete vordem (1869) Aehnliches im Hühnerblut nach Wasserbehandlung und mit verdünnter Chlornatriumlösung, und er gibt ferner an, dass sich aus den ausgewaschenen rothen Blutkörperchen des Pferdes gegen 90% des gesammten Fibrines darstellen lasse, wenn nach und nach die Blutkörperchen zur Auflösung gebracht werden. Semmer konnte durch Vermischung defibrinirten Froschblutes mit dem 4—6fachen Volumen Wasser Faserstoffgerinnung erzeugen. Als dieser Forscher im Verein mit Al. Schmidt zu 1 Ccmtr. defibrinirten Froschblutes 10 bis 12 Tropfen einer 0,2% Natronlösung zusetzte, verwandelte sich das Gemisch in eine structurlose zähflüssige Masse, in welcher die Neutralisation mit verdünnter Essigsäure wahre Faserstofffäden entstehen liess. Aus dem Serum allein lässt sich keine Fibrinbildung erzeugen. — Dieselben Forscher verdünnten 4 Ccmtr. defibrinirten Froschblutes mit 20 Ccmtr. CO_2-haltigen Wassers. Hierdurch wird das Hämoglobin im Wasser aufgelöst, während sich die entfärbten Stromata zu Boden senken. Wird nun dieser Bodensatz mit verdünnter Natronlösung vermischt, so entsteht wieder die erwähnte zähschleimige fadenziehende Masse, in welcher eine Neutralisation mit Essigsäure Faserstoffflocken erzeugt. Aus dem Hämoglobin lässt sich Aehnliches niemals erzeugen.

Mikroskopische Beobachtung der Bildung der Faserstofffäden aus Stroma rother Blutkörperchen nach Landois.

Schon vor Anstellung dieser letzteren Versuche war es mir (1874) gelungen, direct unter dem Mikroskope den Uebergang der Stromata der rothen Blutkörperchen der Säugethiere in Faserstofffasern zu verfolgen. Bringt man nämlich ein Tröpfchen defibrinirten Kaninchenblutes in Froschserum ohne umzurühren, so erkennt man, dass die rothen Blutkörperchen sich an einander lagern; sie werden klebrig an ihrer Oberfläche und beim Drucke auf das Deckgläschen erkennt man, dass nur mit einer gewissen Gewalt das Ankleben gelöst werden kann, wobei oft die sich berührenden Oberflächen der kugelig aufgequollenen Körperchen fadig ausgezogen werden. Schon nach kurzdauernder Einwirkung sind die Körperchen sämmtlich zu Kugeln mit kleinerem Durchmesser umgeformt und die am meisten peripherisch liegenden lassen den Farbstoff austreten. Die Entfärbung schreitet von der Peripherie des Tröpfchens bis in das Centrum desselben fort und schliesslich ist nur noch ein zusammenhängendes Stromahäufchen übrig geblieben. Die Stromasubstanz zeigt eine grosse Zähigkeit; anfänglich kann man in derselben noch die runden Conturen der einzelnen Blutkörperchen erkennen, allein sobald durch Druck oder Verschiebung am Deckgläschen eine Strömung in der umgebenden Flüssigkeit entsteht, wird die Stromamasse hin und her agitirt, wobei sich die an einander liegenden und unter einander verklebten Stromata zu zähweichen Fäden und Streifen unter gleichzeitigem Verschwinden der früheren Zellconturen ausziehen. So kann man Schritt für Schritt die Bildung von Faserstofffäden aus den Stromata der rothen Blutkörperchen verfolgen. — Rothe Blutkörperchen von Menschen und von Thieren, die sich im Serum anderer verschiedener Thiere lösen, zeigen vielfältig ganz dasselbe.

Stromafibrin und Plasmafibrin.

Stromafibrin und Plasmafibrin. Ich habe jene Fibrinbildung, welche direct aus dem Stroma der rothen Blutkörperchen in der beschriebenen Weise vor sich geht, Stromafibrin genannt.

Im Gegensatze hierzu kann der Faserstoff, der durch den Zusammentritt der in der gerinnenden Flüssigkeit (Plasma) gelöst sich befindenden drei Fibringeneratoren sich erzeugt, Plasmafibrin oder gewöhnliches Fibrin genannt werden. Das Stromafibrin steht chemisch der Stromasubstanz natürlich sehr nahe, und wenn es auch bis jetzt nicht gelungen ist, beide Fibrinarten durch chemische scharfe Unterscheidungen zu charakterisiren, so scheinen mir dennoch beide Bezeichnungen allein schon für die Hindeutung auf die Entstehungsart der Faserstoffmassen vollkommen gerechtfertigt. — Substanzen, welche die rothen Blutkörperchen schnell auflösen, bewirken umfangreiche Gerinnungen, z. B. Einspritzung von Galle oder gallensaurer Salze in die Adern, oder von lackfarbenem Blute

Fibrinbildung während des Lebens wenn rothe Blutkörperchen sich auflösen.

(Naunyn, Francken). Da nach Einspritzung fremdartigen Blutes dieses oft schnell in der Blutbahn des Empfängers zerfällt, so sieht man auch hier oft umfangreiche Gerinnungen, oft auch einzelne kleine Gefässe mit kleinen Pfröpfen von Stromafibrin verstopft (Landois; siehe Transfusion).

Rücksichtlich der Fähigkeit zu gerinnen, kann man die eiweisshaltigen Körpersäfte in verschiedene Kategorien bringen.

1. Die spontan gerinnenden Säfte: Blut, Lymphe, Chylus.

Gerinnungsfähigkeit thierischer Säfte.

2. Die gerinnungsfähigen Säfte, wozu vielfältig die unter krankhaften Verhältnissen reichlicher innerhalb seröser Höhlen sich absondernden Fluida zu rechnen sind, namentlich die innerhalb der serösen Höhle der Tunica serosa der Hodenhülle sich mitunter ansammelnde wasserklare Flüssigkeit der sog. Hydrocele oder des Wasserbruches. Diese scheinen nur Fibrinogen in Lösung zu enthalten, weshalb sie allein spontan nicht gerinnen. Zusatz von fibrinoplastischer Substanz und Ferment (oder etwa des Blutserums, in welchem ja beide gelöst vorkommen) ruft momentan Gerinnung hervor.

3. Die gerinnungsunfähigen eiweisshaltigen Säfte des Körpers, z. B. die Milch oder die Samenflüssigkeit scheinen keine fibrinogene Substanz zu enthalten.

36. Chemische Zusammensetzung des Blutplasmas und des Serums.

Albuminate der Blutflüssigkeit.

I. Die Eiweisskörper des Plasmas betragen gegen 8—10% des Gesammtgewichtes. Von diesen sind etwa nur gegen 0,2% die das Fibrin zusammensetzenden Körper. Sind diese durch den Gerinnungsprocess ausgeschieden, so unterscheidet sich nunmehr das Plasma von dem Serum nicht mehr. Das specifische Gewicht des Menschen-Serums = 1027 bis 1029. In der Blutflüssigkeit sind noch ausserdem folgende Eisweisskörper vorhanden:

Serumalbumin.

a) Das Serum-albumin; es trübt sich bei Erwärmen auf 60° C., coagulirt bei 73° C. Vorheriger Zusatz von Chlornatrium zur Blutflüssigkeit kann den Coagulationspunkt bis zu 50° C. erniedrigen. Im Polarisationsapparate zeigt es eine Drehung des Lichtstrahles von — 56°. Chlorwasserstoffsäure verändert es zu Syntonin, Zusatz ätzender Alkalien zu Alkalialbuminat.

Fibrinoplastische Substanz.

b) Die fibrinoplastische Substanz (Al. Schmidt). Setzt man 3—4 Tropfen einer 25%. Essigsäure zu 10 Ccmtr. (Rind- oder Pferde-) Serum und verdünnt hierauf mit 15 Theilen destillirten Wassers, so fällt fibrinoplastische Substanz aus (siehe oben: Gerinnung).

c) Wird Serum mit 15 Theilen Wasser verdünnt und von CO_2 lange Zeit durchströmt, so fällt ebenfalls fibrinoplastische Substanz nieder: (Panum's Serumcasein, — Kühne's und

Brücke's Paraglobulin, — Heynsius' Globulin). Wird diese abfiltrirt, so erzeugt eine Spur von Essigsäure einen feinen Niederschlag (die Flüssigkeit darf nicht sauer reagiren), der in verdünnten Alkalien und Säuern löslich ist: Kühne's Natronalbuminat.

Fette.

II. Fette (0,1—0,2%). Neutrale Fette kommen in Form mikroskopisch kleinster Tröpfchen vor, welche nach reichlicher Fett- (auch Milch-) Nahrung oft durch ihre Gegenwart das Serum milchig trüben. (Ebenso bei Säufern.) Ferner finden sich: fette Säuren, — Seifen (? Röhrig), — Cholesterin, — Lecithin.

III. Spur von Traubenzucker, zumal im Lebervenenblut, aus der Leber und den Muskeln stammend.

IV. Kreatin, (Kreatinin?), Sarkin, Harnstoff, Carbaminsäure (?); — mitunter Hippursäure, und Harnsäure (reichlicher bei gichtischen Zuständen): alle diese in sehr geringen Quantitäten.

V. In sehr geringen Mengen Milchsäure und Indican.

VI. Salze, 0,85% vornehmlich Kochsalz und Natriumcarbonat. Fleischkost steigert den Salzgehalt, Pflanzennahrung vermindert denselben vorübergehend; vermehrter Kochsalzgenuss namentlich lässt sich im Blute nachweisen.

VII. Wasser gegen 90%. — (Ueber Farbe und Geruch siehe 7.)

C. Schmidt gibt vom Plasma folgende Analyse.

1000 Theile Plasma enthalten:

901,51 Wasser				
98,49 feste Stoffe	a) Fibrin	8,06		
	b) Albuminate u. Extractivstoffe	81,92		
	c) Salze	8,51	Kochsalz	5,546
			Natrium	1,532
			Natriumphosphat	0,271
			Chlorkalium	0,359
			Kaliumsulfat	0,281
			Calciumphosphat	0,298
			Magnesiumphosphat	0,218

Die Gase des Blutes.

37. Absorption der Gase durch feste Körper und durch Flüssigkeiten.

Absorption der Gase durch feste Körper.

Zwischen den Theilchen fester poröser Körper und gasförmiger Substanzen besteht eine bedeutende Attraction, der Art, dass die Gase von den festen Körpern angezogen und innerhalb der Poren derselben verdichtet werden: d. h. die Gase werden von denselben absorbirt. So absorbirt z. B. 1 Volumen Buchsbaumkohle (bei 12° C. und mittlerem Barometerstand) 35 Volumina CO_2, — 9,4 Vol. O, — 7,5 Vol. N, — 1,75 Vol. H. — Mit der Absorption

der Gase geht stets eine Wärmebildung einher, welche in einem Verhältnisse steht zu der Energie, mit welcher die Absorption erfolgt. (Nicht poröse Körper sind in analoger Weise an ihrer Oberfläche von einer Schicht verdichteter Gase innig umlagert.)

Flüssigkeiten absorbiren bei verschiedenem Drucke stets gleiche Volumina Gase.

Flüssigkeiten sind in gleicher Weise befähigt, Gase zu verschlucken, zu absorbiren. Hierbei ist ermittelt worden, dass eine bestimmte Menge Flüssigkeit bei verschiedenem Drucke dennoch stets das gleiche Volumen Gas absorbirt. Mag also der Druck gering oder gross sein, stets ist das Volumen des absorbirten Gases gleich gross (W. Henry). Nun ist aber nach dem Mariotte'schen Gesetze über die Compression der Gase bekannt, dass bei dem 2fachen, 3fachen .... nfachen Drucke innerhalb eines gleichen Gasvolumens die 2fache, 3fache .... nfache Gasmenge dem Gewichte nach enthalten ist.

Doch sind die Gewichte der absorbirten Gase dem Drucke proportional.

Hieraus folgt nun also das Gesetz, dass bei verschiedenem Drucke zwar die Volumina der absorbirten Gasmengen sich gleich bleiben, dass aber die innerhalb dieser gleichen Volumina enthaltenen Gasmengen (Gewichte) dem vorhandenen Drucke direct proportional sind. Wird also der Druck = 0, so muss auch das absorbirte Gasgewicht = 0 werden, woraus sich ergibt, dass man: — 1) Flüssigkeiten unter der Luftpumpe im Vacuum ihrer absorbirten Gase berauben kann.

Absorbirte Gase werden durch die Luftpumpe ausgetrieben,

„Absorptionscoëfficient" bezeichnet dasjenige Gasvolumen (bei 0° C.), welches von einer Volumeneinheit einer Flüssigkeit (bei 760 Mm. Quecksilberdruck beobachtet) absorbirt wird. Nach dem über das Volumen der absorbirten Gase Gesagten, muss der Absorptionscoëfficient vom Drucke völlig unabhängig sein.

ebenso durch Sieden.

Einen wichtigen Einfluss auf den Absorptionscoëfficienten hat jedoch die Temperatur. Bei niedriger Temperatur ist derselbe am grössten, nimmt dann bei höherer Temperatur ab und wird beim Sieden der Flüssigkeit = 0. Daraus folgt, dass man: — 2) absorbirte Gase einfach dadurch aus den Flüssigkeiten vertreiben kann, dass man letztere bis zum Sieden erhitzt. Der Absorptionscoëfficient nimmt für die verschiedenen Flüssigkeiten und Gase mit zunehmender Temperatur in eigenartiger (keineswegs gleichmässiger) Weise ab, die für jede empirisch bestimmt werden muss. So nimmt z. B. der Absorptionscoëfficient von CO_2 in Wasser mit zunehmender Temperatur ab, der von H in Wasser bleibt zwischen 0 bis 20° C. ungeändert.

38. Diffusion der Gase; Absorption von Gasgemengen.

Diffusion der Gase ist unabhängig vom specifischen Gewichte derselben.

Gase (welche keine chemischen Verbindungen unter einander eingehen) pflegen sich stets unter einander in ganz gleichmässiger Weise zu vermengen. Verbindet man z. B. die Hälse zweier Flaschen (durch ein Stück Kautschukrohr), von denen die untere CO_2, die obere (senkrecht darüber umgekehrt stehende) H enthält, so vermengen sich ganz unabhängig von dem sehr differenten specifischen Gewichte beide Gase innerhalb der beiden Flaschen zu völlig gleichen Mischungen. Diese Erscheinung nennt man Diffusion der Gase. — Wird zwischen beide Gase vorher eine poröse Scheidewand eingeschaltet, so geht der Austausch der Gase durch dieselbe hindurch vor sich. Doch treten (ähnlich wie bei der Endosmose bei den Flüssigkeiten) die verschiedenartigen Gase mit ungleicher Geschwindigkeit durch die Poren, so dass anfänglich auf der einen Seite eine grössere Gasmenge vorhanden ist. Nach Graham sollen sich die Geschwindigkeiten des Durchtretens durch die Poren umgekehrt verhalten, wie die Quadratwurzeln aus den specifischen Gewichten der Gase (nach Bunsen jedoch nicht genau).

Gase üben gegenseitig auf einander gar keinen Druck aus. Es entweicht daher ein Gas ebenso in einen von einem anderen Gase erfüllten Raum, wie in ein Vacuum. Wenn man daher die Oberfläche einer Flüssigkeit, in welcher ein Gas absorbirt ist, in Verbindung setzt mit einer (sehr grossen Menge einer) anderen Gasart, so entweicht das absorbirte Gas in

das andere Gas hinein. Daher kann man absorbirte Gase entfernen, wenn man: — 3) die sie enthaltenden Flüssigkeiten mit anderen Gasen behandelt (schüttelt oder von ihnen durchströmen lässt).

Absorbirte Gase werden ausgetrieben durch Durchleiten anderer Gase.

Befinden sich über einer Flüssigkeit innerhalb eines abgeschlossenen Raumes zwei oder mehrere Gasarten gemischt, so werden die einzelnen Gase absorbirt, und zwar dem Gewichte nach proportional dem Drucke, welchem jedes einzelne Gas unterworfen wäre, wenn es für sich ganz allein in dem Raume wäre. Diesen Druck nennt man den Partiardruck (Bunsen). Die Absorption der Gasmengen aus Gemischen erfolgt also proportional dem Partiardruck. Es ist der Partiardruck eines Gases in einem Raume zugleich der Ausdruck für die Spannung des absorbirten Gases in einer Flüssigkeit.

Die Absorption der Gase aus Gasgemischen erfolgt abhängig vom Partiardruck der Gase.

Die Luft enthält 0,2096 Volumina O und 0,7904 Volumina N. Steht nun 1 Volumen Luft unter dem Drucke P über Wasser, so ist der Partiardruck, unter welchem O absorbirt wird = 0,2096 . P, der für den N = 0,7904 . P. Bei 0° C. und 760 Mm. Druck absorbirt 1 Wasservolumen 0,02477 Volumen Luft, bestehend aus 0,00862 Volumen O und 0,01615 Volumen N. Es enthält also 34 % O und 66 % N. Aus der atmosphärischen Luft absorbirt also Wasser ein Gasgemenge, welches an O procentisch reicher ist als die Luft selbst.

39. Gewinnung der Blutgase.

Pflüger's Entgasungspumpe enthält:

Die Austreibung der Gase aus dem Blute und die Aufsammlung derselben zur chemischen Analyse geschieht vermittelst der Quecksilber-Luftpumpe (C. Ludwig). Die beistehende Figur gibt uns in schematischem Aufriss die Einrichtung der Pflüger'schen Entgasungspumpe.

den Blutrecipienten,

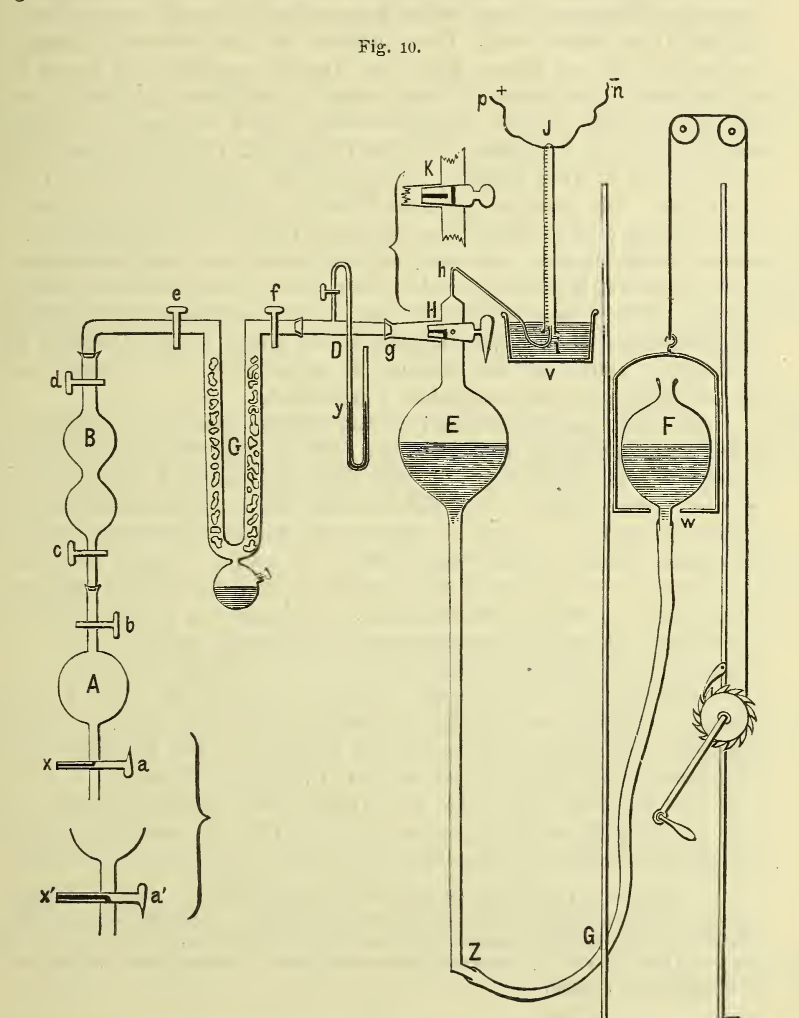
Dieselbe besteht zuerst aus dem Blutrecipienten A, einer 250—300 Cmtr. Inhalt umfassenden Glaskugel, welche oben und unten sich in ein Rohr verjüngt, welche beide durch Hähne a und b verschlossen werden können. Hahn b ist ein gewöhnlicher Sperrhahn, Hahn a jedoch hat eine durch die Längsaxe verlaufende, bei x ausmündende Durchbohrung der Art, dass diese je nach der Stellung entweder in den Recipienten führt (Stellung x a), oder nach abwärts durch das untere Rohr leitet (Stellung x′ a′). Dieser Recipient wird zuerst (durch Aufsetzen auf eine Quecksilberluftpumpe) völlig luftleer gemacht und nun gewogen. Hierauf bindet man das Ende x′ in eine Arterie oder Vene eines Thieres und lässt nun bei der Stellung des unteren Hahnes x a Blut in den Recipienten einströmen. Ist die nöthige Menge hineingelassen, so gibt man dem unteren Hahne wieder die Stellung x′ a′ (säubert äusserlich Alles sorgfältig) und wägt nun den Recipienten, um die Gewichtsmenge des eingelassenen Blutes zu bestimmen. — Der zweite Theil des Apparates ist das Schaumgefäss B, ebenfalls oben und unten in Röhren auslaufend, die mit einfachen Sperrhähnen c und d verschlossen werden können. Das Schaumgefäss hat lediglich die Bedeutung, dass in demselben der durch die stürmische Entweichung der Gase aus dem Blute sich bildende Schaum zunächst aufgefangen werde. Nach Unten steht das Schaumgefäss durch die eingeschliffene Röhre mit dem Recipienten in Verbindung, nach Oben ebenfalls durch genauen Einschliff mit dem 3. Theile des Apparates, dem Trockenapparat G. Dieser ist eine U-förmige Röhre unten

das Schaumgefäss.

den Trockenapparat,

mit einem kleinen Glasballon. Letzterer ist halb mit Schwefelsäure gefüllt, in den Schenkeln liegen Stücke von Bimmstein, gleichfalls mit Schwefelsäure getränkt. Streichen die Blutgase durch diesen Apparat, der gleichfalls durch die beiden einfachen Sperrhähne e und f geschlossen

Fig. 10.



Schema der Pflüger'schen Blut-Entgasungspumpe.

werden kann, so geben sie jegliche mitgeführte Wasserdämpfe an die Schwefelsäure ab, so dass sie völlig getrocknet durch Hahn f weitergeführt werden können.

Wiederum durch gut passenden Schliff ist in der Verlängerung

die Barometerprobe, von f das kurze Rohr D angefügt, welches die kleine Barometerröhre y trägt, an welcher man die Grade der Luftleere ablesen kann. Von D gelangen wir zur eigentlichen Pumpvorrichtung. Diese besteht aus zwei grossen, oben und unten in offene Röhren auslaufenden Glaskugeln, deren untere Röhren Z und w durch einen Gummischlauch G verbunden sind. Beide Kugeln und der Schlauch sind mit Quecksilber bis zur halben Höhe der Kugeln angefüllt. Die Kugel E ist befestigt, die Kugel F kann durch eine Windevorrichtung am Gestelle auf- und abwärts bewegt werden. Wird F gehoben, so füllt sich E, — wird F gesenkt, so wird E entleert. Das obere Ende von E theilt sich in zwei Röhren: g und h, von denen g mit D verbunden ist. Die aufwärts gehende Röhre h verjüngt sich sehr stark und ist wieder so gebogen, dass das freie Ende i in eine Quecksilberwanne v untertaucht, mit der Oeffnung unter das ganz mit Quecksilber gefüllte Auffangerohr der Gase J (Eudiometerröhre) geleitet. *das Auffangrohr der Gase.* Wo g und H sich vereinigen, ist ein Hahn mit doppelter Durchbohrung, der in der Stellung H die Kugel E mit A B G D in Verbindung setzt, in der Stellung K jedoch A B G D absperrt und nun die Kugel E mit dem Rohre J verbindet.

Procedur des Entgasens. Es wird nun zuerst B G D völlig luftleer gemacht in folgenden Acten: Hahnstellung K, — Hebung von F, bis Tröpfchen Quecksilber aus dem feinen Rohre i (das noch nicht unter J gebracht ist) in die Wanne laufen, — Hahnstellung H, — Senken von F, — Hahnstellung K, — und so weiter bis die Barometerröhre y die Evacuation anzeigt. Nun wird J über i gebracht. Oeffnet man nun die Hähne c und b, so dass der Recipient A mit dem übrigen Apparat communicirt, so stürzen aufschäumend die Blutgase in B und durch G (getrocknet) bis zu E. Senkung von F bringt sie zumeist in E; — nunmehr Hahnstellung K und Hebung von F bringt die Gase in J über Quecksilber. Wiederholte Senkung und Hebung von F mit passender Hahnstellung bringt schliesslich alle Gase in J. — Die Entgasung des Blutes wird wesentlich befördert durch Einsenken des Recipienten A in einen Kessel mit 60° C. heissem Wasser.

Es empfiehlt sich, bei der Analyse der Blutgase sofort das aus der Ader in den Recipienten entleerte Blut zu evacuiren, weil der O beim Verweilen ausserhalb des Körpers eine Abnahme erleidet.

— Mayow (1670) sah zuerst Gase aus dem Blute im Vacuum hervorsteigen. Magnus (1837) untersuchte die procentische Zusammensetzung der Blutgase. Die wichtigen neueren Untersuchungen sind wesentlich von Lothar Meyer (1857), der C. Ludwig'schen und der Pflüger'schen Schule zu Tage gefördert worden.

40. Quantitative Bestimmung der Blutgase.

Zusammensetzung der Blutgase aus O—CO_2—N. Die evacuirten Blutgase bestehen aus O, CO_2 und N. — Pflüger erhielt im Ganzen (bei 0° C. und 1 Meter Quecksilberdruck) 47,3 Volumen-Procente bestehend, aus:

16,9% O — 29% CO_2 — 1,4% N.

Wie Figur 10 zeigt, befinden sich die ausgepumpten Gase in einer Eudiometer-Röhre, d. h. in einer schmalen, langen, mit sehr genauer Scala versehenen, oben verschlossenen Glasröhre (J) über Quecksilber. Am oberen Ende sind in der Glaswand eingeschmolzen die bis in das Lumen der Röhre hineinragenden Platindrähte (p und n).

Bestimmung der CO_2 volumetrisch durch Absorption durch Kali.

1. Bestimmung der CO_2. Man bringt von unten durch das Quecksilber in das Gasgemenge hinein eine an einem Platindrahte gegossene Aetzkali-Kugel, die an der Oberfläche feucht ist. Die CO_2 verbindet sich mit dem Aetzkali zu Kalicarbonat. Nach längerem Verweilen wird die Kugel auf demselben Wege wieder herausgezogen. Die Verminderung des Volumens der Gase zeigt das Volumen der weggenommenen CO_2 an.

Bestimmung des O volumetrisch durch Absorption durch Kalium-pyrogallat,

2. Bestimmung des O.

a) Aehnlich wie zur Bestimmung der CO_2 führt man mittelst eines Platindrahtes eine Phosphorkugel (Bertholet), welche den O zur Bildung von Phosphorsäure aufnimmt, oder eine trockene Coaks- oder Papiermaché-Kugel getränkt mit einer Lösung von Pyrogallussäure in Kalilauge, welche O begierig an sich reisst (Liebig), in die Eudiometerröhre. Nach Entfernung der Kugel zeigt auch hier die Volumensverminderung der Gase die Menge des O an.

oder durch Verpuffen mit überschüssigem H.

b) Am genauesten und schnellsten wird der O (nach Volta und Bunsen) durch Verpuffen im Eudiometer bestimmt. Man lässt in die Eudiometerröhre reichlich H einsteigen, dessen Volumen genau bestimmt wird. Hierauf lässt man einen elektrischen Funken zwischen den Drähten p und n durch die Röhre schlagen: O und H verbinden sich zu Wasser. Hierdurch entsteht eine Volumensverkleinerung im Eudiometer, von welcher $^1/_3$ Theil auf den zur Wasserbildung (H_2O) verbrauchten O entfällt.

N bleibt als Rest übrig.

3. Bestimmung des N. Sind nach den obigen Methoden CO_2 und O aus dem Gasbehälter entfernt, so ist der Rest reiner N.

41. Specielles über die Blutgase.

Der Sauerstoff des Blutes

I. Sauerstoff ist im arteriellen (Hunde-) Blute im Mittel in 17 Volumprocenten (bei 0° C. und 1 Meter Druck) angetroffen worden (Pflüger). Im venösen Blute wechselt seine Menge ausserordentlich: in dem Blute ruhender Muskeln fand man ihn zu 6 Volumprocenten; im Erstickungsblute fehlt er vollständig, oder er ist nur noch in Spuren vorhanden. In dem mehr gerötheten Blute thätiger Drüsen (Speicheldrüsen, Nieren) ist er zweifellos reichlicher vertreten, als im gewöhnlichen dunkleren Venenblute. Der O kommt im Blute vor:

ist nur in Spuren absorbirt;

a) einfach absorbirt, und zwar vom Plasma; dieser Theil des O ist ein nur minimaler und beträgt nicht mehr, als destillirtes Wasser von Blutwärme beim Partiardrucke des O in der Lungenluft aufnehmen würde (Loth. Meyer). — Nach Fernet soll das Serum etwas mehr O aufnehmen, als dem einfachen Drucke entspricht; hierbei ist auf die Spuren von Hämoglobin zu achten, die im Plasma oder Serum aus etwa aufgelösten rothen Blutkörperchen herstammen können.

vielmehr fast ganz chemisch gebunden.

b) Chemisch gebunden (also dem Absorptionsgesetze nicht unterworfen) ist fast sämmtlicher O des Blutes, und

zwar an dem Hämoglobin der rothen Blutkörperchen, mit welchem es das Oxyhämoglobin bildet (s. pg. 38).

Die Aufnahme dieser O-Mengen ist also vom Drucke vollkommen unabhängig, (woraus es sich erklären lässt, dass Thiere in einem abgeschlossenen Raume bis zu ihrer Erstickung fast allen O bis auf Spuren aus der umgebenden Atmosphäre verzehren können). Die Unabhängigkeit vom Drucke zeigt sich auch darin, dass erst bei Verminderung des Luftdruckes bis gegen 20 Mm. Quecksilber, das Blut (bei niederer Temperatur) reichlicher chemisch gebundenen O abgibt (Worm Müller), und umgekehrt, dass das Blut selbst bei bis auf 6 Atmosphären gesteigertem Luftdruck nur wenig mehr O aufnimmt (Bert).

Die chemische O-Verbindung ist sehr locker; ihre Lösung durch physikalische und durch chemische Mittel.

Trotz dieser vorhandenen chemischen Verbindung zwischen dem Hämoglobin und dem O, lässt sich der gesammte O des Blutes dennoch schon austreiben durch diejenigen Mittel, welche absorbirte Gase entbinden: a) durch Evacuiren, b) Kochen, c) Durchleiten anderer Gase, weil nämlich die chemische Verbindung des Oxyhämoglobins so locker ist, dass sie schon durch jene physikalischen Proceduren zerfällt.

Unter den chemischen Mitteln entziehen reducirende Substanzen (Schwefelammonium, Schwefelwasserstoff, alkalische Oxydulsalzlösungen, Eisenfeile u. A.) dem Blute den O (pg. 40).

Das gesammte Blut verhält sich der chemischen Aufnahme von O gegenüber völlig wie eine gasfreie Hämoglobinlösung (Preyer).

Der O-Gehalt ist dem Eisengehalt proportional.

Der Eisengehalt des Blutes (0,55 in 1000 Theilen) steht im directen Verhältniss zum Hämoglobingehalt, dieser zum Blutkörperchengehalt, dieser wiederum nahezu zum specifischen Gewichte des Blutes. Die O-Aufnahme des Blutes hat sich als fast proportional dem specifischen Gewichte des Blutes erwiesen. Sie steht daher auch im Verhältniss zum Eisengehalt des Blutes. Auf 2,36 Grm. Eisen kann das Blut 1 Grm. O binden (Piçard).

O-Zehrung im entleerten Blute.

Mit längerem Verweilen des Blutes ausserhalb des Kreislaufes findet man mehr und mehr die Menge des O vermindert, ja bei langem Verweilen unter höherer Temperatur kann sogar der O ganz daraus verzehrt werden. Es rührt diese Erscheinung von Zersetzungen innerhalb des entleerten Blutes her. Durch diese Zersetzung im Blute (Leichenerscheinung) bilden sich nämlich reducirende Substanzen, welche O an sich reissen. Nicht alle Blutarten wirken in dieser Beziehung gleich energisch auf die O-Verzehrung: am energischsten Venenblut arbeitender Muskeln, fast gar nicht Lebervenenblut. An Stelle des verschwundenen O tritt CO_2 im Blute unter Dunkelung der Farbe auf, mitunter sogar reichlicher, als O verzehrt ist.

Bindung des O durch Säurezusatz.

Wird Blut (oder eine Oxyhämoglobinlösung) mit Säuren bis zur stark saueren Reaction versetzt (z. B. mit Weinsteinsäure, Loth. Meyer), so lässt sich der O nur noch in erheblich geringerer Menge auspumpen. Gleichzeitig ist hierbei die CO_2-Bildung nicht erhöht. Man muss daher annehmen, dass bei der durch die Säuren stattfindenden Zerlegung des Hämoglobins (s. pg. 42) sich ein Spaltungsproduct durch intensive chemische Bindung des O im Momente seiner Entstehung höher oxydirt. Dieselbe Erscheinung zeigt sich, wenn Oxyhaemoglobin durch Sieden zerlegt wird.

42. Ob Ozon (activer O) im Blute?

Der aus Blut gewonnene O ist kein Ozon.

Wegen der vielfachen und theilweise energischen Oxydationen, welche vom Blute ausgeführt werden, ist die Frage aufgeworfen, ob nicht etwa der O des Blutes in Form des erregten oder activen O (O oder Ozon) vorhanden wäre. Allein weder im Blute selbst (Schönbein), noch auch in den aus demselben evacuirten Gasen ist Ozon enthalten. Trotzdem haben die rothen Blutkörperchen (ebenso wie Hämoglobin) eine bestimmte Beziehung zu dem activen O.

Dennoch wirkt das Blut als Ozon-Ueberträger.

1. Das Blutroth wirkt als Ozonüberträger, d. h. es vermag den an anderen Körpern haftenden activen O diesen wegzunehmen und denselben sofort auf leicht oxydirbare, andere Substanzen zu übertragen.

Terpentinöl, welches längere Zeit an der Luft gestanden hat, enthält stets Ozon. Reagentien auf Ozon sind Jodkaliumkleister (welcher sich bläut, indem das Ozon die Verbindung von Jod und Kalium trennt, wobei das Jod eine Bläuung des Stärkekleisters bewirkt), und frisch bereitete Auflösung von Guajac-Harz in Spiritus (aus der Mitte grösserer Stücke), die durch Ozon ebenfalls gebläut wird.

Setzt man nun zu ozonisirtem Terpentinöl zuerst Guajacspiritus, so zeigt sich zunächst keine Reaction, setzt man nun aber ein Tröpfchen Blut (unter Umschütteln) zu, so erfolgt sofort tiefe Bläuung, d. h. das Blut entnimmt dem Terpentinöl das Ozon und überträgt es sofort auf das gelöste Guajacharz, welches unter seiner Wirkung gebläut wird. Das Blutroth ist also Ozonüberträger.

Das Blut ist auch Ozon-Erreger.

2. Das Blutroth wirkt als Ozonerreger, d. h. es vermag den mit ihm in Contact kommenden gewöhnlichen inactiven O der Luft zu activem Ozon zu erregen. Rothe Blutkörperchen bläuen nämlich deshalb auch für sich allein schon das Guajac. Die Reaction gelingt am besten, wenn man die Guajaclösung auf Fliesspapier trocknen lässt und hierauf Tropfen von 5—10fach verdünntem Blute gibt. Dass es sich hier um die Erregung des umgebenden O durch das Hämoglobin handelt, zeigt der Versuch, dass selbst COhaltige rothe Körperchen die Bläuung bewirken (Kühne und Scholz), natürlich nicht beim Abschluss äusseren Sauerstoffes (der Luft). Nach Pflüger sollen diese Reactionen jedoch nur unter Zersetzung des Hämoglobins vor sich gehen. — Schönbein hat endlich noch gezeigt, dass Blut das Antozon (positiv erregter O) zu Ozon (negativ erregter O) umzubilden vermöge.

Auch Schwefelwasserstoff wird durch Blut (wie durch Ozon selbst) in Schwefel und Wasser zersetzt. — Auch Wasserstoffsuperoxyd erfährt durch Blut eine Zersetzung in O und Wasser. (Ein kleiner Zusatz von Blausäure verhindert dies. Schönbein.) Krystallisirtes Hämoglobin bewirkt dies nicht, auch lässt sich H_2O_2 vorsichtig Thieren in die Adern einspritzen. Hiernach hätte unverändertes Hämoglobin keine ozonerregende Wirkung.

43. Kohlensäure und Stickgas im Blute.

Menge der Kohlensäure.

II. Kohlensäure. Die CO_2 findet sich im arteriellen Blute gegen 30 Volumen-Procente (bei 0° C. und 1 M. Druck); im venösen Blute in sehr wechselndem Gehalte, so z. B. im Venenblute unthätiger Muskeln 35 Vol. Proc., — im Erstickungsblute sogar 52,6 Vol. Proc.

CO_2 ist unter säureartiger Wirkung der Blutzellen auspumpbar.

Im gesammten Blute ist CO_2 zwar vollständig auspumpbar, allein es bildet sich durch den Process der Evacuation eine noch unbekannte Eigenschaft der rothen Blutkörperchen aus, der entsprechend sie die Wirkung einer Säure annehmen und so zur chemischen Austreibung der CO_2 unterstützend wirken. Diese sich bildende säureähnliche Eigenschaft der rothen Blutkörperchen bildet sich vornehmlich bei der Wärme und bei Gegenwart von O.

A) Die CO_2 im Plasma.

Im Plasma ist CO_2 chemisch gebunden:

Der grösste Theil der CO_2 gehört dem Plasma (oder Serum) an, und zwar, wie es scheint, einzig und allein chemisch gebunden. Denn Flüssigkeiten, welche CO_2 absorbirt enthalten, reagiren stets sauer, das Blut hingegen stets alkalisch. Das Serum nimmt die CO_2 völlig unabhängig vom Druck auf, wesshalb sie nicht allein absorbirt sein kann. Aus dem (Plasma) Serum entweicht ein Theil der CO_2 schon durch Evacuation, ein anderer Theil jedoch erst nach Zusatz von Säuren. Die Bindung der CO_2 im Plasma (Serum) kann in folgender Weise statthaben:

theils im Natrium-carbonat.

1. CO_2 ist gebunden an Natron des Plasmas in Form von „einfach kohlensaurem Natron". Dieser Theil CO_2 ist nur nach Säurezusatz aus seiner Verbindung zu verdrängen; (im Gesammtblute spielen die säureähnlich wirkenden rothen Blutkörperchen beim Entgasen diese Rolle).

theils im Natrium-bicarbonat,

2. Ein Theil der CO_2 ist an kohlensaurem Natron unter Bildung von Bicarbonat gebunden, indem 1 Aequivalent CO_2 von dem einfachen Carbonate aufgenommen wird. Diese CO_2 ist auspumpbar, indem durch Evacuation das Bicarbonat wieder in das neutrale einfache Carbonat und CO_2 zerfällt.

Da Bicarbonat die CO_2 im Vacuum nur sehr langsam entlässt, Blut die CO_2 jedoch sehr stürmisch, so ist daran zu denken, dass vielleicht Natron mit einem Eiweisskörper vereint die CO_2 in einer complicirten Verbindung enthielte, aus der sie im Vacuum schnell sich entbände.

theils durch neutrales Natrium-phosphat.

3. Ein minimaler Theil des CO_2 im Plasma kann an neutralem phosphorsauren Natron chemisch gebunden sein (Fernet). 2 Aequivalente dieses Salzes können 1 Aequivalent CO_2 binden, so zwar, dass saures phosphorsaures Natron und neutrales kohlensaures Natron entsteht. Beim Evacuiren entweicht auch hier wieder die CO_2 unter gleichzeitiger Bildung von neutralem phosphorsauren Natron.

Es ist jedoch zu bedenken, dass das in der Blutasche gefundene phosphorsaure Natron fast ganz durch Verbrennen von Lecithin entstanden ist; es kann daher nur die sehr geringe, schon im Plasma vorkommende Menge dieses Salzes in Betracht gezogen werden.

B) Die CO_2 in den Blutkörperchen.

Die rothen Blutkörperchen binden gleichfalls chemisch CO_2.

Auch die rothen Blutkörperchen müssen CO_2 locker chemisch gebunden enthalten; denn 1) ein Volumen Gesammtblut vermag beinahe gerade so viel CO_2 zu binden, als ein gleich grosses Volumen Serum (Ludwig, Al. Schmidt); — und 2) nimmt die CO_2-Aufnahme durch das gesammte Blut in anderen Verhältnissen zu mit steigendem Drucke als seitens des Serums (Pflüger, Zuntz). Unter Umständen können die rothen Blutkörperchen mehr CO_2 binden, als ihr eigenes Volumen beträgt. Die Bindung der CO_2 scheint durch das Hämoglobin zu erfolgen. Setschenow fand, dass Behandlung des Hämoglobins mit CO_2 dessen bindendes Vermögen für CO_2 steigert, vielleicht unter Bildung besonderer, für die Bindung der CO_2 geeigneter Körper (vielleicht Paraglubulin?). — Auch die weissen Blutkörperchen binden CO_2 nach Art der Serumstoffe und zwar etwa gegen $^1/_8$—$^1/_{12}$ der Absorptionsgrösse des Serums (Setschenow).

Der N ist wahrscheinlich im Blute absorbirt.

III. Der Stickstoff ist innerhalb des Blutes zu 1,4 bis 1,6 Volumen-Procenten vorhanden und zwar, wie es scheint, einfach absorbirt.

Ob vielleicht in den rothen Blutkörperchen ein geringer Theil dieses N innerhalb einer chemischen Verbindung sich vorfindet, ist noch nicht mit Sicherheit erwiesen. — Ausserhalb des Körpers stehend gibt das Blut, namentlich bei O-Zutritt und Erwärmung sehr geringe Menge Ammoniak ab. (Mit Unrecht vermuthete man in dem Entweichen dieses Gases früher die Ursachen der Blutgerinnung; Richardson.)

44. Bestimmung der einzelnen Blutbestandtheile.

Bestimmung des Wassers durch Abdampfen,

1. Bestimmung des Wassers und aller festen Bestandtheile des Gesammtblutes oder des Serums. — Gegen 5 Gr. Serum oder defibrinirtes Blut wird in einem Tiegel von bekanntem Gewicht im Wasserbade abgedampft und im Trockenofen bei 110° C. getrocknet. Der Gewichtsverlust ist gleich dem Wassergehalt; der trockene Rückstand ergibt sich nach Abzug des Tiegelgewichtes.

des Faserstoffes durch Schlagen und Wägen,

2. Bestimmung des Faserstoffes. Ein abgemessenes Volumen Blut wird mit dem Stabe geschlagen; nach völliger Ausscheidung wird aller Faserstoff auf einem Atlasfilter gesammelt und mit Wasser gewaschen. Sodann in einer Schale abermaliges Waschen mit Wasser, Alkohol und Aether. Dann Trocknen bei 110° im Trockenofen und Wägen.

der Fette durch Wägung des Rückstandes des Aetherextractes,

3. Bestimmung der Fette (Aetherextract) im Serum oder Gesammtblute. Gegen 15 Gr. defibrinirten Blutes oder Serum werden in einer Schale erst im Wasserbade, dann im Trockenofen bei 120° C. getrocknet, zerrieben, in einen Kolben mit Aether gegeben, den man wiederholt erneuert.

des Alkohol-extractes ebenso,

4. Genau so (wie 3) verfährt man zur Bereitung eines Alkohol-extractes aus Gesammtblut oder Serum.

der Salze durch Einäschern,

5. Bestimmung der anorganischen Salze aus Gesammtblut oder Serum. Gegen 25 Gr. werden im gewogenen Platin-Tiegel getrocknet und dann in offener Flamme bei Rothgluth verascht. Wägung gibt die Aschenmenge an. — Wird diese Asche wiederholt mit heissem Wasser ausgezogen und letzteres im gewogenen Schälchen völlig verdunstet, so erhält man das Gewicht der in Wasser löslichen Salze.

des Eiweisses durch Wägung des Coagulums,

6. Bestimmung des Gesammteiweisses in Blut oder Serum. Gegen 5 Gr. werden mit 25 Gr. Wasser verdünnt, schwach mit Essigsäure angesäuert und aufgekocht. Das Coagulum sammelt man auf gewogenem trockenen Filtrum, wäscht mit Wasser, Alkohol und Aether, trocknet bei 110° C. und wägt. — Genauer ist es, das mit Essigsäure neutralisirte Blut oder Serum mit 10fachem starkem Alkohol zu versetzen, 1 Tag stehen zu lassen, dann zu kochen. Das Coagulum wird behandelt wie oben.

der Albuminate der Blutkörperchen durch Rechnung,

7. Bestimmung der Eiweisskörper der Blutkörperchen. Hat man bestimmt die Eiweisskörper von 1 Gewichtstheil des Gesammtblutes und ebenso des Serums und zieht man nun in dem Verhältnisse, in welchem im gesammten Blute rothe Blutkörperchen und Serum vorhanden sind (vgl. pg. 47), den erhaltenen Werth für das Serum von dem für das Gesammtblut ab, so erhält man (aber nur sehr annähernd) die Eiweisskörper der Blutkörperchen.

des Gewichtes der Blutkörperchen durch Filtriren und Wägen.

8. Bestimmung der rothen Blutkörperchen dem Gewichte nach. Defibrinirtes Blut wird mit dem 3fachen Volumen einer concentrirten Natriumsulfatlösung vermischt und filtrirt. Die auf dem Filtrum bleibenden Blutkörperchen werden coagulirt, indem man das Filtrum in kochende concentrirte Glaubersalzlösung eintaucht. Alsdann kann durch destillirtes Wasser das Filtrum ausgewaschen werden. Dann wird getrocknet und gewogen: Die Gewichtszunahme des vorher gewogenen Filtrums rührt von den Blutkörperchen her (Dumas).

45. Arterielles und venöses Blut.

Unterschiede des Arterien- und Venenblutes.

Das arterielle Blut enthält alle jene Stoffe gelöst, welche zur Ernährung der Gewebe nothwendig sind, die zur Absonderung verwendet werden sollen, und dazu die reichere Sauerstoff-Menge. Das Venenblut wird von allen diesen Theilen weniger enthalten müssen; dahingegen werden in ihm die verbrauchten Substanzen der Gewebe, die Producte der regressiven Stoffmetamorphose reicher vertreten sein, zu denen auch der reichere CO_2-Gehalt zu rechnen ist. Da sich jedoch der Austausch aus dem Blute sehr schnell vollzieht, so wird man in einem bestimmten Momente keine grossen Differenzen vieler Körper erwarten dürfen. Ja für viele Punkte lässt die Analyse

ganz im Stich. — Eine kurze Ueberlegung zeigt ferner, dass das Blut mancher Venen sich durch besondere Eigenschaften auszeichnen muss, wie das Blut der Pfortader und der Lebervenen. Im Folgenden sind die bekannten wesentlichsten Unterschiede beider Blutarten zusammengestellt.

Es enthält: **arterielles Blut**	Es enthält: **arterielles Blut**
mehr O	mehr Zucker
weniger CO_2	weniger Blutkörperchen
mehr Wasser	weniger Harnstoff
mehr Fibrin	es ist hellroth und nicht dichroitisch
mehr Extractivstoffe	es ist 1^0 C. wärmer
mehr Salze	

Die hellrothe Farbe des arteriellen Blutes rührt vom Oxyhaemoglobin her, dem diese eigen ist, die dunkle des venösen Blutes von dem geringeren Gehalt an Oxyhaemoglobin und seinem Reichthum an reducirtem Haemoglobin. Die grössere CO_2-Menge des venösen Blutes macht die dunkle Farbenveränderung nicht (Marchand), denn wenn man zu zwei Portionen Blutes gleiche O-Mengen, zu der einen aber auch noch dazu CO_2 hinzusetzt, so ändert dies die Farbengleichheit nicht (Pflüger).

46. Die Blutmenge.

Das Gewicht des Blutes ist 1/13 des Körpergewichtes.

Die Blutmenge des gesammten Körpers beträgt $^1/_{13}$ des gesammten Körpergewichtes beim Erwachsenen (Bischoff), — beim Neugeborenen $^1/_{19}$ desselben (Welcker).

Zur Bestimmung derselben sind verschiedene Methoden ersonnen, von denen sich die von Welcker als die zuverlässigste erwiesen hat.

1. Methode von Valentin (1838). Man macht bei einem Thiere aus der Jugularvene einen Aderlass, misst genau die Menge dieses Blutes (= a) und bestimmt nach (44.—1) den procentigen festen Rückstand dieses Aderlass-Blutes (= b). Hierauf injicirt man eine abgemessene Wassermenge (= c) in dieselbe Vene, und nach Verlauf weniger Minuten wird aus der Vene ein zweiter Aderlass des gewässerten Blutes gemacht, in welchem ebenfalls der procentige feste Rückstand (= d) bestimmt wird. Dann ist die gesammte Blutmenge, $X = \frac{c\ d}{b-d} + a$. — Vom eingespritzten Wasser wird schnell eine nicht unerhebliche Menge in die Gewebe und durch die Nieren abgeschieden, daher gibt die Methode bedeutende Fehler. Valentin fand im Mittel die Blutmenge des Hundes $\frac{1}{4{,}25}$, des Schafes $^1/_5$ des Körpergewichtes, was entschieden viel zu hoch ist.

2. Methode von Ed. Weber (1850). Bei der Enthauptung wird das ausfliessende Blut aufgefangen und gemessen, und in einem abgemessenen Volumen desselben bestimmt man die Menge der festen Bestandtheile. Alsdann lässt man durch die Adern Wasser strömen, um alle Blutreste auszuspülen, so lange, bis das Wasser völlig klar abläuft. Dieses Spülwasser wird gesammelt und nachdem in demselben ebenfalls die festen Bestandtheile bestimmt sind, ergibt ein Vergleich

mit der ersten Bestimmung, wie viel Blut im Spülwasser gewesen. (Die Methode ist ungenau, denn 1. gelingt es nicht nachträglich, aus allen Capillaren das Blut auszuspülen, und 2. zieht das Wasser aus den Geweben endosmotisch Stoffe an, welche nun fehlerhaft als Blutfixa verrechnet werden.) Ed. Weber fand bei einem Hingerichteten die Blutmenge = $^1/_8$ des Körpergewichtes.

3. Methode von Welcker (1854). Man fängt aus einer geöffneten Carotis des vorher gewogenen Thieres (mit eingebundener Canüle) das Blut in einer gewogenen Flasche auf, in welcher es durch Schütteln mit hineingeworfenen Kieselsteinchen defibrinirt wird. Die Menge desselben wird sodann bestimmt. Man nimmt einen Theil dieses defibrinirten Blutes und macht es durch Einleitung von CO kirschroth (weil nämlich das gewöhnliche Blut je nach dem Grade seines O-Reichthums verschiedene Färbekraft besitzt (Gscheidlen, Heidenhain). Nun wird in die beiden Enden der durchschnittenen Carotis eine ⊢-förmige Canüle eingebunden, und man lässt eine 0,6procentige Kochsalzlösung aus einem Druckgefäss stetig einfliessen, während man aus den durchschnittenen Venae jugulares und Cava inferior diese Spülflüssigkeit so lange sammelt, bis sie wasserklar abläuft. Hierauf wird der gesammte Körper zerhackt und (mit Ausnahme des gewogenen Magen- und Darminhaltes, dessen Gewicht man vom Körpergewicht abzieht) mit Wasser ausgelaugt und nach 24 Stunden ausgepresst. Dieses Wasser, sowie die Kochsalzspülflüssigkeit werden vermischt und gemessen. Ein Theil hiervon wird ebenfalls mit CO gesättigt. Nun gibt man von diesem eine Probe in ein Glaskästchen mit planparallelen Wänden, 1 Cmtr. dick im Lichten (ein sogenanntes Hämatinometer), und in einem zweiten verdünnt man das unverdünnte CO-Blut so lange mit Wasser (aus einer Bürette), bis beide Fluida dieselbe Farbenintensität haben. Aus der Menge Wassers, die zur Verdünnung des Blutes bis zur Nüance des Spülwassers nothwendig ist, lässt sich die Menge des im Spülwasser vorhandenen Blutes berechnen.

(Beim Zerhacken der Muskeln für sich allein, kann man noch den von ihnen gelieferten Farbstoff als Muskelfarbstoff betrachten und nicht mit in Rechnung setzen [Kühne]).

Durch Multiplication der Blutvolumina mit dem specifischen Gewichte des Blutes bestimmt man das absolute Gewicht des Blutes.

Da die Abschätzung der Farbenunterschiede der Proben sehr scharf gelingt, so ist diese Methode sehr empfehlenswerth.

Blutmenge bei Thieren. Man fand das Gewicht des Blutes von Mäusen = $\frac{1}{12}$ — $\frac{1}{13}$, — von Meerschweinchen = $\frac{1}{19,7}$ ($\frac{1}{17}$ — $\frac{1}{22}$), — vom Kaninchen = $\frac{1}{20,1}$ ($\frac{1}{15}$ — $\frac{1}{22}$), — vom Hunde = $\frac{1}{13}$ ($\frac{1}{11}$ — $\frac{1}{18}$), — von der Katze = $\frac{1}{21,5}$, — von Vögeln = $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{13}$, — von Fröschen = $\frac{1}{15}$ — $\frac{1}{20}$, — von Fischen = $\frac{1}{14}$ — $\frac{1}{19}$ des Körpergewichtes (ohne Magen- und Darminhalt).

4. Die Methode nach Vierordt, welche darauf begründet ist, die Blutmenge 1. aus der Umlaufszeit des Blutes, 2. der Capacität des linken Ventrikels, und 3. der Zahl der Herzschläge während einer Umlaufszeit zu bestimmen, wird später besprochen.

Stets sollte bei der Blutbestimmung auch das specifische Gewicht des Blutes bestimmt werden. — In Inanitionszuständen sah man die Blutmenge abnehmen; fette Individuen sind relativ blutärmer; nach Blutverlusten ersetzt sich leichter die Menge durch Wasser, erst allmählich regeneriren sich die Blutkörperchen. Nach umfangreicher depletorischer Transfusion mit defibrinirtem Blute sah ich mit Panum die Blutmenge und ihr specifisches Gewicht sich erhalten.

Blutbestimmung einzelner Organe.

5. Die Bestimmung der Blutmenge einzelner Organe geschieht nach plötzlicher Abschnürung ihrer Adern intra vitam. Man bereitet aus ihren zerkleinerten Partikeln ein Waschwasser, dessen Blutgehalt mit einer zu verdünnenden Blutprobe erkannt wird. Die Bestimmung nach dem Tode im gefrorenen Zustande der Theile ist zu verwerfen.

47. Abweichungen von der normalen Beschaffenheit des Blutes.

A) Vermehrung des Blutes oder einzelner Theile desselben.

Polyämia.

1. Die Vermehrung der gesammten Blutmasse gleichmässig in allen Theilen wird Polyämie (oder Plethora) genannt. Sie kann bei Individuen mit übermässiger Ernährungs- und Assimilationsthätigkeit als krankhafte Erscheinung auftreten. Starke bis blaurothe Färbung der äusseren Bedeckungen bei geschwellten Venen und grossen Arterien mit hartem und vollem Pulse, Injection, namentlich der Capillaren und kleineren Gefässe der sichtbaren Schleimhäute sind die leicht erklärlichen Zeichen, begleitet von Congestionen zum Gehirn, die sich als Schwindelanfälle, und von Blutwallungen zur Lunge, die sich unter Athemnoth zu erkennen geben. Auch nach Amputation grösserer Gliedmassen unter Ersparung von Blutverlust will man in dem Körper eine relative Vermehrung des Blutes gefunden haben (Plethora apocoptica). — Künstlich kann die Polyämie durch Einspritzung von Blut derselben Species hervorgerufen werden. Wird bis zu 83% die normale Blutmenge vermehrt, so tritt noch kein abnormer Zustand ein, namentlich wird der Blutdruck nicht dauernd vermehrt. Es nimmt das Blut vornehmlich in den sehr gedehnten Capillaren Platz, die hierbei über ihre normale Elasticität hinaus gereckt werden (Worm Müller). Eine Vermehrung der Blutmenge jedoch bis zu 150% gefährdet unter beträchtlichen Blutdruckschwankungen direct das Leben (Worm Müller), das dann auch durch directe Gefässzerreissungen plötzlich erlöschen kann.

P. apocoptica. *P. transfusoria.* *Blutdruck bei Blutüberfüllung.*

Schicksal der Blutbestandtheile.

Von dem eingespritzten Blute nimmt schnell die Lymphbildung zu, dann wird das Serum schon in 1—2 Tagen verarbeitet, das

Wasser vorwiegend durch den Harn ausgeschieden, das Eiweiss zum Theil zu Harnstoff umgesetzt (Landois). Daher erscheint um diese Zeit das Blut relativ reicher an rothen Blutkörperchen (Panum, Lesser, Worm Müller). Die rothen Blutkörperchen zerfallen viel langsamer, und das von ihnen gelieferte Material wird theils zu Harnstoff, theils zu Gallenfarbstoff (nicht constant) verarbeitet. Immerhin kann jedoch noch bis zu 1 Monat ein Ueberschuss an erhaltenen rothen Blutkörpern beobachtet werden (Tschirjew). Dass in der That die Blutkörperchen langsam im Stoffwechsel zerfallen, geht daraus hervor, dass der Harnstoff viel höher ist, wenn das Thier die gleiche Menge Blut frisst, als wenn demselben die gleiche Menge transfundirt wird (Tschirjew, Landois). Im letzteren Falle hält oft Tage lang eine mässige Steigerung des Harnstoffes an, als Zeichen eines langsamen Zerfalles der rothen Körperchen (Worm Müller, Landois). Eine starke Blutüberfüllung hat ferner Verlust des Appetites, sowie Neigung der Schleimhäute zu Blutungen zur Folge.

P. serosa. 2. Polyaemia serosa wird der Zustand des Blutes genannt, in welchem der Gehalt an Serum, also vorwiegend dessen Wassergehalt, gesteigert ist. Künstlich lässt sich der Zustand erzeugen, wenn man Thieren Serum derselben Thierart in die Adern einspritzt. *Serumeinspritzung.* Hierbei wird das Wasser bald durch den Harn entleert, das Eiweiss jedoch zerfällt zu Harnstoff, ohne in den Harn als solches überzugehen. Ein Thier bildet aus einer Menge eingespritzten Serums mehr Harnstoff, als aus einer gleich grossen Blutmenge, ein Beweis, dass die Blutkörperchen sich länger als das Serum zu erhalten vermögen (Forster, Landois). Wird jedoch einem Thiere Serum einer anderen Thierart eingelassen, in welchem sich die Blutkörperchen des Empfängers lösen (z. B. einem Kaninchen Hundeserum), so werden Blutzellen des Empfängers aufgelöst, es kommt zur Hämoglobinurie, und bei umfangreicher Auflösung zum Tode (Landois).

P. aquosa. Einfach vermehrter Wassergehalt des Blutes (wohl zweckmässig polyaemia aquosa genannt) findet sich vorübergehend nach starkem Trinken, doch stellt eine vermehrte Diurese schnell die normalen Verhältnisse wieder her. Krankheiten der Nieren, welche das secernirende Parenchym der Drüsen vernichten, bedingen unter Polyaemia aquosa zugleich oft allgemeine Wassersucht, durch Uebertritt von Wasser in alle Gewebe. Die Unterbindung der Harnleiter hat gleichfalls wässerige Blutvermehrung zur Folge.

P. polycythaemica. 3. Eine Vermehrung der rothen Blutkörperchen über das normale Mittel hinaus (Plethora polycythaemica) hat man bei kräftigen Individuen dann annehmen zu können geglaubt, wenn bei denselben sonstig eintretende regelmässige Blutungen ausgeblieben sind, und im Uebrigen alle Zeichen der Polyämie sich zeigen. Das Aufhören von Menstrual-, Hämorrhoidal-, Nasen-Blutungen wäre hier im Auge zu behalten, sowie das Unterbleiben früherer gewohnheitsmässiger Aderlässe. Immerhin ist in allen solchen Fällen die Polycythämie nur erschlossen, nicht durch Zählung festgestellt. Dahingegen gibt es einen Zustand sicher beobachteter Polycythämie. Nämlich nach

Transfusion gleichartigen Blutes wird schnell ein Theil der Blutflüssigkeit verbraucht, während die Körperchen sich länger erhalten (Worm Müller, Panum).

4. Mit der Bezeichnung Plethora hyperalbuminosa hat man die Vermehrung der Albuminate im Plasma bezeichnet, wie man sie nach reichlicher Aufnahme vom Nahrungstractus aus erschliessen muss. Durch das Experiment wird derselbe Zustand nach Einspritzung von Serum derselben Thierart erzielt, wonach zugleich die Harnstoffausscheidung steigt. Einspritzung von Eieralbumin ruft Albuminurie hervor (Stokes, Lehmann).

P. hyperalbuminosa.

48.

B) Verminderung der Blutmenge oder einzelner Theile desselben; sonstige Blutanomalien.

1. Verminderung der Blutmasse im Ganzen (Oligaemia vera) tritt nach jedem directen Blutverluste auf. Neugeborenen kann schon ein Blutverlust von einigen Lothen, Einjährigen von $1/2$ Pfund, Erwachsenen von ihrer halben Blutmenge lebensgefährlich werden. Frauen überstehen leichter selbst erhebliche Blutverluste als Männer; bei ihnen scheint schon wegen der periodischen Ersetzung des verlorenen Blutes in jeder Menstruation die Blutneubildung leichter und schneller zu erfolgen. Fette Personen, ferner Greise und Schwächlinge sind gegen Blutverluste weniger widerstandsfähig. Je schneller die Blutung erfolgt, um so gefährlicher ist sie. Allgemeine Blässe und Kälte der Hautdecken, ängstigende Beklommenheit, Erschlaffung, Flimmern vor den Augen, Ohrensausen und Schwindel, Erlöschen der Stimme und Ohnmachtsanwandlungen pflegen grössere Blutverluste zu begleiten. Starke Athemnoth, Stocken der Drüsensecretionen, tiefe Bewusstlosigkeit, — sodann Erweiterung der Pupillen, unwillkürlicher Harn- und Kothabgang und schliesslich allgemeine Convulsionen sind die sicheren Vorzeichen des schnellen Verblutungstodes. In der höchsten Gefahr ist die Restitution nur durch die Transfusion möglich. Bis zu $1/4$ der normalen Blutmenge kann Thieren entzogen werden, ohne dass der Blutdruck in den Arterien dauernd sinkt, weil die letzteren durch Contraction sich dem kleineren Blutkörper anpassen (in Folge der anämischen Reizung des vasomotorischen Centrums der Medulla oblongata). Blutverlust bis zu $1/3$ der Blutmenge setzt den Blutdruck erheblich (bis etwa auf $1/4$ in der Carotis des Hundes) herab. Führt die Blutung nicht zum Tode, so ersetzt sich durch Resorption aus den Geweben zuerst das Blutwasser mit den gelösten Salzen, unter allmähliger Zunahme des Blutdruckes, dann erst das Eiweiss; längerer Zeit bedarf es zur Neubildung der Blutkörperchen. Das Blut ist daher zunächst abnorm wasserreich (Hydraemia), zuletzt noch abnorm zellenarm (Oligocythaemia). Mit dem gesteigerten Lymphstrome zum Blute sind bald die weissen Blutkörperchen erheblich über ihre normale Zahl gesteigert; auch scheinen in der Zeit der Restitution weniger rothe Blutkörperchen (z. B. zur Galle) verbraucht zu werden.

Oligaemia.

Blutverluste.

Verblutungstod.

Stoffwechsel bei Blutarmen.

Von besonderer Bedeutung ist das Verhältniss des Stoffumsatzes im Körper eines Blutarmen. Die Umsetzung der Eiweisskörper ist vermehrt (ebenso im Hungerzustande), wesshalb die Harnstoffausscheidung gesteigert ist (Bauer, Jürgensen). Die Umsetzung der Fette im Körper ist jedoch dem entsprechend vermindert, womit die Herabsetzung der CO_2-Abgabe im Einklang steht. Blutarme, sowie Chlorotische setzen daher leicht Fett an: Die Mästung der Thiere wird demgemäss durch zeitweilige Aderlässe befördert. Aehnlich verhält es sich mit intercurrentem Hunger. Schon Aristoteles gibt an, dass Schweine und Vögel nach intercurrenten Hungertagen leicht erheblich fett werden.

Wasserverlust aus dem Blute.

2. Eine übermässige Eindickung des Blutes durch Wasserverlust wird als Oligaemia sicca bezeichnet. Dieselbe ist beim Menschen nach reichlichen wässerigen Durchfällen, namentlich bei der Cholera, beobachtet, so dass das theerartig dickflüssige Blut in den Adern stockt. Wahrscheinlich kann auch reichliche Wasserabgabe durch die Haut bei Schwitzcuren, zumal bei gleichzeitigem Mangel an Getränk Oligaemia sicca, wenn auch nur in mässigen Graden, hervorrufen.

Eiweissverlust aus dem Plasma.

3. Sind die Eiweisskörper des Blutes abnorm vermindert, so ist Oligaemia hypalbuminosa vorhanden; sie können bis über die Hälfte vermindert werden. An ihrer Stelle pflegt übermässiger Wasserreichthum in das Blut einzutreten. Eiweissverluste aus dem Blute geben die directe Ursache ab: Albuminurie (sogar bis 25 Gr. Eiweiss pro die liefernd), andauernde Eiterungen, umfangreiche nässende Hautflächen, hochgradige Milchverluste, eiweisshaltige Durchfälle (Ruhr). Aber auch häufige und umfangreiche Blutungen bringen, da der Verlust zunächst vorwiegend durch Wasseraufnahmé in die Gefässe gedeckt wird, im Anfange hypalbuminöse Oligämie hervor.

Mellitaemia.

Mellitaemia.

Unter den Veränderungen, welche die Kohlehydrate im Blute erleiden, wird die Zuckerüberladung bei der Leberthätigkeit besprochen werden (Mellitämie). Der Zucker des Blutes wird in den Harn zum Theil entleert, in hohen Graden bis zu 1 Kilo täglich, wobei die Harnmenge auf 25 Kilo steigen kann. Zum Ersatz dieser Verluste ist reichliche Nahrung und Getränk nöthig, wodurch zugleich der Harnstoff bis zum dreifachen gesteigert werden kann. Bei etwas geringerem O-Verbrauch (?) athmet der Befallene zugleich etwas weniger CO_2 aus, als ein Gesunder. Die bedeutende Zuckerproduction bringt auch die eiweisshaltigen Gewebe zum Zerfall, daher der Harnstoff stets gesteigert ist, auch bei unzureichender Albuminzufuhr. Die Erkrankten magern daher ab, alle Drüsen, zumal die Hoden, atrophiren oder entarten (Lungenschwindsucht häufig), Haut und Knochen werden verdünnt, am längsten widersteht das Nervensystem. Die Zähne werden cariös wegen des sauern Speichels, die Linse trübt sich wegen des Zuckergehaltes der Augenflüssigkeiten, die Wasser aus der Linse anziehen; Wunden heilen schlecht wegen des abnorm gemischten Blutes. Mangel aller Kohlenhydrate in der Nahrung mindert zwar die Zuckermenge des Blutes, hebt sie aber in der Regel nicht auf.

Statt des Traubenzuckers hat man auch übermässige Inosit-anhäufung im Blute (und Harne) gefunden, Mellituria inosita (Vohl).

Lipämie. Vermehrung des Fettgehaltes im Blute (Lipämie) findet sich normal nach sehr fettreicher Nahrung, so dass das Serum selbst milchig getrübt wird. Pathologisch zeigt sich dies in noch höheren Graden bei Säufern und bei fettsüchtigen Individuen. Bei stärkerem Eiweisszerfall im Körper (also in sehr vielen zehrenden Krankheiten) nimmt der Fettgehalt des Blutes zu, ebenso nach reichlicher Verabreichung leichter verbrennlicher Kohlenhydrate neben viel Fett in der Nahrung.

Schwankungen der Blutsalze. Die Salze pflegen sich im Blute mit grosser Energie zu erhalten. Vorenthalten von Kochsalz bringt Albuminurie, der Salze weiterhin Lähmungserscheinungen hervor (Forster). Ueberreiche Salzfütterung (Pöckelfleisch) hat nicht selten Tod durch fettige Entartung der Gewebe, namentlich der Drüsen, zur Folge. Vorenthalten von Kalk und Phosphorsäure verursacht Erweichung oder Atrophie der Knochen. Bei Infectionskrankheiten und Wassersuchten fand man oft den Salzgehalt des Blutes vermehrt, vermindert bei Entzündungen (Kochsalz fehlt im Harn bei Lungenentzündung) und Cholera.

Schwankungen des Fibringehaltes. Der Fibringehalt ist vermehrt im Blute an Entzündungen namentlich der Lungen oder der Pleura Leidender. Es bildet sich daher auch bei ihnen im Aderlassblute die crusta phlogistica aus (s. 32. Gerinnung). Auch in anderen mit Blutzersetzung einhergehenden Krankheiten kann das Fibrin vermehrt sein, wahrscheinlich weil die aufgelösten rothen Körperchen Material zur Fibrinbildung liefern. Nach wiederholten Aderlässen sah Sigm. Mayer ebenso eine Steigerung. Faserstoffreiches Blut pflegt langsamer (!) zu gerinnen als faserstoffarmes. Doch fehlt es nicht an Ausnahmen.

Physiologie des Kreislaufes.

49. Uebersicht des Kreislaufes.

Der Kreislauf des Blutes

Das Blut findet sich innerhalb des Gefässsystemes in fortwährender Bewegung, welche von den Ventrikeln aus durch die Hauptschlagadern (Aorta und Pulmonalis) und ihre Zweige, weiterhin durch das System der Capillargefässe, und endlich aus diesen wieder in grössere zusammentretende Stämme (Venen) führend, schliesslich in den Atrien endet. (W. Harvey).

ist begründet in der Druckdifferenz.

Ursache dieser Kreislaufsbewegung ist in letzter Instanz die Druckdifferenz, unter welcher das Blut in der Aorta und A. pulmonalis einerseits und in den beiden Hohlvenen und den vier Lungenvenen andererseits steht. Die Blutflüssigkeit strömt natürlich fortwährend nach derjenigen Gegend des geschlossenen Röhrensystemes, in welcher der niedrigste Druck herrscht. Je grösser diese Druckdifferenz, um so lebhafter ist die Strombewegung. Aufhören dieser Druckdifferenz jedoch muss (wie nach dem Tode) natürlich die Strömung sistiren lassen.

Schema des Kreislaufes:

Man ist gewohnt den Kreislauf des Blutes einzutheilen:

Grosser Kreislauf.

1. In den grossen Kreislauf, umfassend die Bahn vom linken Vorhof, linken Ventrikel durch die Aorta und alle ihre Aeste, die Körpercapillaren und Venen, bis zur Einmündungsstelle der zwei grossen Hohlvenen an der rechten Vorhofswand.

Kleiner Kreislauf.

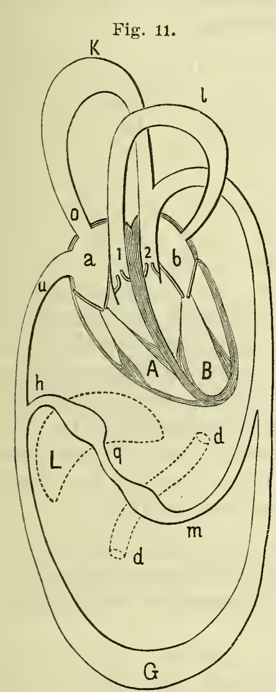
2. In den kleinen Kreislauf, umfassend die Bahn des rechten Vorhofs und der rechten Kammer, der Pulmonalarterie, der Lungencapillaren und der sich aus ihnen wieder zusammenfügenden vier Lungenvenen, bis zur Einmündungsstelle derselben in die linke Vorhofswand.

Pfortader-Kreislauf.

3. Der Pfortader-Kreislauf wird mitunter als besonderes Kreislaufssystem bezeichnet, obgleich derselbe nur eine

zweite in eine Venenbahn eingefügte Capillarauflösung (innerhalb der Leber) darstellt. Er setzt sich zusammen aus der, aus den vereinigten Eingeweidevenen sich zusammenfügenden Vena portarum, die sich innerhalb der Leber zu Capillaren auflöst, aus denen sich die venae hepaticae wieder vereinigen. Letztere gehen in die untere Hohlvene über.

Fig. 11.



Schema des Kreislaufes: *a* atrium dextrum, — *A* ventriculus dexter, — *b* atrium sinistrum, — *B* ventriculus sinister. — 1 Art. Pulmonalis, — 2 Arteria aorta mit den Semilunarklappen. — *l* Gebiet des kleinen Kreislaufes, — *k* Gebiet des grossen Kreislaufes im Bereiche der oberen Hohlvene *o*. — *G* Gebiet des grossen Kreislaufes im Bereiche der unteren Hohlvene *u*. — *d d* Darmkanal, *m* Darmarterien, — *q* Pfortader, — *L* Leber, — *h* Lebervenen.

Eine derartige Hervorhebung des Pfortadersystemes als besonderer Kreislauf ist, streng genommen, nicht zu begründen. Aehnliche Verhältnisse finden sich bei manchen Thieren noch an anderen Stellen, z. B. besitzen die Schlangen ein derartiges System in der Nebenniere. Gehen auf der Bahn eines Arterienstammes Auflösungen in feine Aeste vor sich, die sich bald (ohne capillar zu werden) zu einem Arterienstamme wieder vereinigen, so bieten sie die Erscheinung der sogenannten Wundernetze (rete mirabile), z. B. bei Affen und Edentaten.

Arterielle und venöse Wundernetze.

Analoge Bildungen an den Venen werden venöse Wundernetze genannt.

50. Das Herz.

Charakter der Herzmuskelfasern.

Die Herzmusculatur der Säugethiere besteht aus kurzen (0,050—0,070 Mm. Mensch), sehr dicht und fein quergestreiften (C. Krause 1833), wirklich nur einzelligen (Eberth 1866), sarkolemmalosen Elementen von mittlerer Breite (0,015—0,023 Mm. Mensch), die an ihren abgestumpften Enden meist gespalten, und mittelst dieser letzteren zu einem Netzwerk anastomotisch verbunden sind (Leeuwenhoek 1695). Eine durch Silbernitrat sich schwärzende (durch 33% Kalilauge sich auflösende) Kittsubstanz verbindet die einzelnen Muskelzellen, von denen jede in der Mittelaxe einen 0,014 Mm. langen und halb so breiten (selten zwei kleinere) Kern trägt. Die quergestreifte Substanz ist oft von vielen kleinen Molekularkörnchen reihenartig durchsetzt. — Die Fasern sind sämmtlich der Länge nach aneinander gefügt und von dem eindringenden Perimysium in vielfache Bündel abgetheilt, welche (nach Auflösung des Bindegewebes durch Kochen) sich auf längere Strecken als gröbere Fasern isoliren lassen. Die Form dieser Muskelbündel ist in den Vorhöfen mehr rundlich

Faserbündel des Herzens.

auf dem Querschnitte, in den Ventrikeln mehr flach lamellös; auch setzen hier mehrere dünnere ein dickes Band zusammen. Die zwischen diesen Blättern liegenden Spalten dienen vielfach Lymphgefässen zur Aufnahme.

51. Anordnung der Muskelfasern am Herzen und ihre physiologische Bedeutung.

Die Betrachtung des embryonalen Herzens liefert in mancher Beziehung den Schlüssel zum Verständniss des vielfach verwickelten Faserverlaufes im Herzen. Der einfache Herzschlauch des Embryo zeigt äussere circuläre und innere longitudinale Faserzüge. An dem ursprünglich einfachen Herzschlauch bildet sich erst später die Scheidewand aus, woraus es einleuchtend ist, dass sowohl an den Kammern als auch an den Vorkammern die Fasern beiden Hälften, wenigstens theilweise, angehören, da sie ursprünglich nur einen Raum umschlossen. Dahingegen sind die Muskelfasern der Vorkammern von denen der Kammern durch die Faserringe (Annuli fibrocartilaginei) völlig getrennt. An den Vorkammern bleibt die Anordnung der embryonalen Faserung in den Grundzügen erhalten. An den Kammern jedoch ist dieselbe verwischt, weil diese während der Entwickelung sowohl eine magenförmige Biegung und Ausbuchtung, als auch eine spiralige Drehung erfahren.

Verlauf der Muskelbündel an den Vorhöfen.

1. Die Muskelfasern der Vorhöfe. Sie sind durch die Faserringe, welche den Atrioventricularklappen zum Ursprunge dienen, von den Fasern der Kammern vollständig getrennt.

Die Musculatur der Vorhöfe, welche viel dünner ist, als die der Kammern, hat im Allgemeinen eine Anordnung in zwei Schichten, von denen die äussere transversal angeordnet ist und continuirlich sich über beide Vorhöfe forterstreckt, während die innere eine longitudinale Richtung nimmt. Die äusseren, querverlaufenden Fasern lassen sich von den einmündenden Venenstämmen aus auf die vordere und hintere Wand hin verfolgen. Die inneren Fasern sind besonders dort deutlich hervortretend, wo sie sich senkrecht an die Faserringe ansetzen, doch sind sie namentlich in der vorderen Wand der Vorhöfe an einzelnen Stellen nicht continuirlich angeordnet.

Am Septum.

An dem Septum der Vorhöfe ist besonders der ringförmige Muskelfaserzug hervortretend, welcher die Fossa ovalis (die frühere embryonale Oeffnung des Foramen ovale) umgibt.

Muskelfasern an den Venen.

An den Einmündungsstellen der Venen in die Vorhöfe finden sich circuläre Faserzüge quergestreifter Muskeln: am wenigsten ausgeprägt finden sich diese an der Vena cava inferior, stark und weiter aufwärts

reichend (bis zu 25 Cmtr.) an der Vena cava superior (s. Fig. 12, II); an den Einmündungen der 4 Lungenvenen in den linken Vorhof erstrecken sich beim Menschen und einigen Säugern quergestreifte Muskelfasern auf die Lungenvenen bis an den Hilus der Lungen mit inneren Ring- und äusseren Längsfasern; bei anderen Säugern (Affe, Ratte) sogar bis in die Lunge hinein. Bei einigen Säugern (Maus, Fledermaus) gehen die Fasern so weit in die Lungen hinein, dass bei kleinen Venen die ganze Wand fast nur aus quergestreiften Muskelfasern gebildet ist (Stieda).

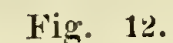
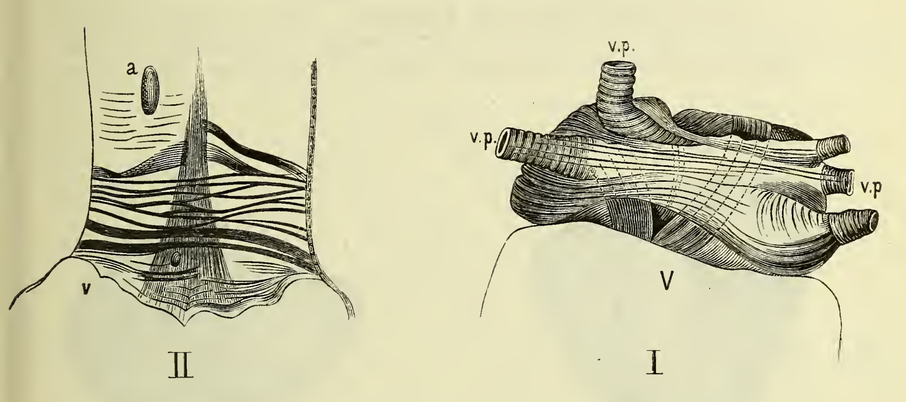


Fig. 12.



I. Verlauf der Muskelfasern an dem linken Vorhofe; die äussere transversale und die innere longitudinale Faserschicht bemerkbar, ausserdem die circulären Fasern der venae pulmonales (*v.p.*). *V* der linke Ventrikel nach John Reid. — II. Ausbreitung quergestreifter Muskelfasern an der oberen Hohlvene nach Elischer, *a* Einmündung der vena azygos; — *v* Vorhof.

Auch an der Einmündungsstelle der Vena magna cordis und in der sie schliessenden Valvula Thebesii finden sich Muskelfasern, zumal circuläre.

Physiologische Folgen aus der Anordnung der Vorhofsfasern.

Vom physiologischen Gesichtspunkte aus ergeben sich aus diesen anatomischen Angaben folgende Einzelheiten in Bezug auf die Contraction der Vorkammern.

1. Sie ziehen sich unabhängig von den Kammern zusammen: dies ist namentlich ersichtlich beim Erlöschen der Herzthätigkeit, indem dann oft mehrere Vorhofscontractionen allein erfolgen, dem sich hin und wieder nur eine Kammercontraction anschliesst. Zuletzt schlagen nur noch die Vorhöfe und zwar durchgehends zuletzt der rechte allein, namentlich dessen Auricula, welche dieser Erscheinung wegen auch mit dem Namen des „Ultimum moriens" belegt worden ist. Selbstständige rhythmische Contractionen an den Hohl- und Lungenvenen, nachdem bereits das Herz stillsteht, sind oft beobachtet worden.

2. Die beiden sich kreuzenden Hauptfaserschichten (transversale und longitudinale) dienen der allseitigen gleichmässigen Verengerung des Innenraumes der Atrien (wie sie auch an den meisten Hohlmuskel-Organen angetroffen werden).

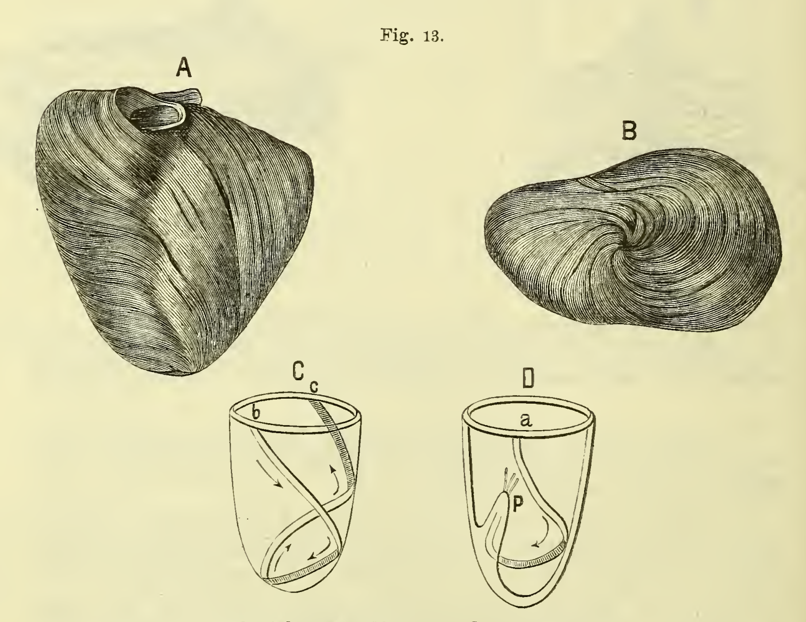
3. Die die einmündenden Venenstämme umgebenden Circulärfasern verursachen durch die mit der Bewegung der Vorhöfe erfolgende Zusammenziehung, theils eine Entleerung in den Vorhof, theils verhindern sie, dass das Blut in die Venen sich in erheblichem Masse zurückstauen kann.

52. Anordnung der Kammermuskeln.

Faserverlauf an den Kammern.

2. Die Muskelfasern der Kammern. Die Faserzüge innerhalb der viel mächtigeren Ventrikelwände lassen sich in eine Anzahl von Schichten zerlegen. Man trifft unter dem Perikardium

Fig. 13.



Verlauf der Muskelfasern an den Ventrikeln.
A Verlauf auf der Vorderfläche; *B* Ansicht der Spitze mit dem Wirbel, nach Henle; *C* Schematischer Verlauf eines Muskelzuges innerhalb der Ventrikelwand; *D* Verlauf eines solchen bis in den Papillarmuskel nach C. Ludwig.

Aeussere longitudinale Schicht.

zuerst eine äussere longitudinale Schicht (A), die am rechten Ventrikel nur einzelne Bündel, am linken jedoch eine zusammenhängende Lage umfasst von etwa $^1/_8$ der Gesammtdicke der Wandung. Eine zweite Schicht logitudinaler Fasern liegt auf der Innenfläche der Kammern, wo sie namentlich an den Mündungen, sowie innerhalb der senkrecht aufsteigenden Papillarmuskeln deutlich sind, während sie an

Innere longitudinale Schicht.

den anderen Stellen durch die unregelmässig verlaufenden Züge der Trabeculae carneae ersetzt werden. Zwischen diesen beiden Längsschichten liegt die mächtigste, die Schicht der transversal geordneten Züge, welche in einzelne blätterige ringförmige Bündel zerlegbar ist. In den Spalten zwischen den Bündeln verlaufen die tiefen Lymphgefässe, während die Blutgefässe innerhalb der Substanz der Blätter selbst, ringsum von Primitivbündeln umgeben liegen (Henle). Alle drei Schichten sind jedoch nicht völlig selbständig und von einander abgeschlossen, vielmehr vermitteln schräg verlaufende Faserzüge den allmählichen Uebergang zwischen den transversalen Blättern und den inneren und äusseren longitudinalen Zügen. Die vielfach gemachte Annahme jedoch, als wenn die äussere longitudinale Schicht ganz allmählich in die transversale überginge und diese endlich ebenfalls ganz wieder in die innere longitudinale (wie in C schematisch gezeichnet), ist ein nicht gerechtfertigter Schematismus, gegen den schon das gewaltige Ueberwiegen der Mächtigkeit der Mittelschicht spricht (Henle). Im Allgemeinen haben die äusseren längsverlaufenden Züge eine Richtung der Art, dass sie mit der Richtung der inneren Längszüge sich unter einem spitzen Winkel schneiden. Die dazwischen liegende Transversalschicht vermittelt zwischen diesen Richtungen allmähliche Uebergänge. An der Spitze des linken Ventrikels biegen äussere längsverlaufende Fasern, indem sie in dem sogenannten Wirbel (B) zusammentreten, in das Innere der Muskelsubstanz ein- und aufwärts und gelangen bis in die Papillarmuskeln (Lower), (D), doch muss es als ein Irrthum bezeichnet werden, wenn man sämmtliche in den Papillarmuskeln aufsteigende Züge von diesen verticalen Muskelbündeln der äusseren Oberfläche ableiten will; viele entstehen aus der Ventrikelwand selbständig. Auch ist der Ursprung dieser Längsfasern nicht einzig und allein an der äusseren Herzfläche von den Annuli fibrocartilaginei oder den Arterienwurzeln herzuleiten (Henle).

Transversale Mittelschicht.

Uebergang der drei Schichten in einander.

Wirbel der Herzfasern an der Spitze.

Einem ungerechtfertigten Schematismus zu Liebe hat man wohl die ganze Ventrikelmuskulatur in Achterturen oder Scheifen zerlegen wollen, die äusserlich und an der Basis der Kammern beginnen und nach Vollendung ihres Verlaufes durch den Wirbel im Innern entweder in den Papillarmuskeln oder wieder hoch an der Basis der Innenfläche endigen sollten. Die Figuren C und D geben eine Darstellung dieser schematischen Auffassung.

Es soll endlich noch die besondere Ringfaserschicht erwähnt werden, welche nach Art eines wahren Sphincters die arterielle Mündung des linken Ventrikels umgürtet und eine ziemliche Selbstständigkeit hat (Henle).

Ringfasern am linken Ostium arteriosum.

53. Perikardium, Endokardium, Klappen.

Das Perikardium. Das Perikardium, welches zwischen seinen beiden Blättern einen mit geringer Menge Lymphe gefüllten Lymphraum, die Perikardialhöhle, umschliesst, zeigt die Structur einer serösen Haut, d. h. die Zusammensetzung aus Bindegewebe mit feinen elastischen Fasern, und hat auf der freien Fläche ein einfaches Endothellager unregelmässig polygonaler platter Zellen.

Zahlreiche Lymphgefässnetze liegen sowohl in dem Perikardium selbst, als auch tiefer nach der Muskelmasse des Herzens zu; Stomata, die in den Perikardialraum münden, sind hier nicht zu bemerken. Auch die Lymphgefässnetze des parietalen Blattes entbehren derselben (Bizzozero, Salvioli).

In der Subserosa des Epikardiums (visceralen Blattes) liegen namentlich in den Furchen um die Coronargefässe des Herzens Fettablagerungen und Lymphgefässe (Wedl). Luschka fand sensible Nerven (1853), Eberth die Lymphgefässe in demselben (1866).

Das Endokardium. Das Endokardium repräsentirt nicht allein die Intima, sondern eine ganze Gefässwand (Luschka). Der Herzhöhle zugewandt liegt zuerst ein einschichtiges Endothel polygonaler platter kernhaltiger Zellen. Dann kommt als eigentliche Grundlage der ganzen Haut ein Stratum feiner elastischer Fasern (in den Vorhöfen stärker, selbst gefensterte Membranen erzeugend), zwischen denen Bindegewebe nur spärlich angetroffen wird. Letzteres, mehr gelockert, findet sich reichlicher dem Herzfleische zu, untermischt mit elastischen Fasern. Zerstreute Bündel glatter Muskelfasern (in den Vorhöfen spärlicher) trifft man zwischen den elastischen Elementen, meist der Länge nach angeordnet. Diese haben offenbar den Zweck, dem auf das Endokard bei der Herzcontraction einwirkenden Drucke und der Dehnung entgegenzuwirken, denn überall im Körper, wo wiederholter höherer Druck eine aus Weichtheilen gebildete Wandung trifft, treffen wir Muskelelemente (nie elastische allein) an.

Bau der Klappen. Zum Endokardium gehören auch die Klappen: Die Semilunarklappen der Aorta und der Pulmonalis, welche das Blut nicht in die Ventrikel zurückfliessen lassen, — und die Tricuspidalis und Mitralis, welche das Gleiche für die Vorhöfe verhüten. Die niederen Wirbelthiere besitzen noch Klappen an der Einmündungsstelle der Hohlvene, welche ein Regurgitiren in diese verhindern; bei den Vögeln und einigen Säugern sind diese letzteren nur noch in Rudimenten vertreten.

Die Klappen sind an resistenten, aus bindegewebigen und elastischen Fasern bestehenden Faserringen mit ihrem Basalrand befestigt. Sie bestehen aus 2 Schichten: 1) der fibrösen, welche eine directe Fortsetzung der Faserringe ist, und 2) einer

Schicht elastischer Elemente. Die elastische Schicht der Zipfelklappen ist eine unmittelbare Verlängerung des Vorhofs-Endokards und liegt also jenen zugewandt. Die Semilunarklappen haben eine dünne elastische Schicht den Arterien zugewandt; sie ist an ihrer Basis verdickt. Die dem Ventrikel zugewendete Bindegewebsschicht ist etwa von der halben Dicke der Klappe selbst.

Muskelfasern in den Klappen.

Die Zipfelklappen besitzen noch quergestreifte Muskelfasern (Gussenbaur). Von der Muskulatur der Vorhöfe ausgehend, erstrecken sich radiäre Fasern in die Klappen, die offenbar den Zweck haben, bei der Contraction der Atrien die Klappen gegen ihre Basis zu retrahiren und so dem in die Kammern einstürzenden Blute grösseren Eingangsweg zu schaffen. — Ausserdem liegt ein concentrisch der Anhaftung der Klappen folgendes, mehr gegen die Ventrikelseite gewandtes Muskelstratum in den Klappen, welches die Bedeutung zu haben scheint, bei der mit der Kammercontraction erfolgenden Spannung der Klappen, die Basis derselben (sphincterartig) zusammenzuhalten und eine zu starke Dehnung zu verhüten. — Auch die grösseren Sehnenfäden haben quergestreifte Muskelfäden (Oehl); zarte Muskelnetze enthalten auch die Valv. Thebesii und Eustachii.

Purkinje'sche Fäden.

Mit dem Namen Purkinje'scher Fäden (1845) bezeichnet man grauliche Netze subendokardialer Muskelelemente der Kammern, welche auf einem gewissen embryonalen Status der Entwickelung (wegen der nur theilweise ausgeprägten Querstreifung) stehen geblieben zu sein scheinen. Zum Theil findet man sie auch im Innern der Muskelmasse. Beim Menschen und den niederen Vertebraten fehlen sie, bei Säugern und Vögeln dagegen trifft man sie in verschiedener Deutlichkeit. —

Netzartig angelegte Lymphgefässe des Endokardiums dringen bis gegen die Mitte der Klappen vor (Eberth, Belajeff).

Ueber die Gewichts- und Maassverhältnisse des Herzens sei noch erwähnt:

Gewicht und Maasse des Herzens.

Gewicht beim erwachsenen Mann 9 Unzen (1 Unze = 29,2 Gramme), beim Weibe $8^1/_2$ Unzen (Clendinning nach 400 Wägungen), Dicke des linken Ventrikels in der Mitte beim Mann $5^1/_{11}$ par. Linie, bei dem Weibe $4^1/_2$; — Dicke des rechten $1^{17}/_{46}$ und $1^8/_{27}$; Circumferenz des linken Ostium venosum beim Manne $48^9/_{22}$, beim Weibe $40^{17}/_{26}$; Circumferenz des rechten $54^5/_{23}$ und $47^4/_{27}$; — Circumferenz des linken Ostium arteriosum beim Manne $30^{20}/_{23}$, beim Weibe $28^3/_{27}$; — des rechten $31^{12}/_{23}$ und $29^1/_3$ par. Linien (Bizot). Die untere Hohlvene hat einen Durchmesser von 12—16 Linien, die obere von 8—12; — der venae pulmonales Durchmesser ist 6—7 Linien.

Es muss endlich noch bemerkt werden, dass das Ostium arteriosum und venosum dextrum getrennt von einander in der Ventrikelwand liegen, während die beiden linken Ostien unmittelbar zusammen von einer grossen Oeffnung umfasst werden.

54. Die Vasa coronaria cordis.

In Bezug auf die eigenen Gefässe des Herzens (Vasa coronaria) haben vielfache anatomische und physiologische Controversen stattgefunden. Zunächst ist die Frage aufgestellt, ob bei der systolisch erfolgenden Oeffnung der Semilunarklappen der Aorta der Zugang zu den Coronararterien verlegt, oder ob er offen gelassen werde. In alter wie in neuer Zeit hat man theils die systolische Verdeckung (Thebesius, Brücke), theils das permanente Offenstehen der Ursprungslumina (Morgagni, Hyrtl) angenommen. Zur Würdigung dieses Streitpunktes dient zunächst die anatomische Untersuchung.

Anatomische Verhältnisse.

Die beiden Arteriae coronariae cordis, zwischen deren Aesten keine Anastomosen vorkommen (Hyrtl), entspringen aus dem Anfangstheil der Aorta in der Gegend der Sinus Valsalvae (der Taschenräume der Halbmondklappen). Die Stelle ihres Ursprunges variirt: 1. Entweder liegt sie innerhalb des Taschenraumes, oder 2. ihre Ursprungsöffnung wird nur unvollkommen vom Klappenrande erreicht, oder endlich 3. die Ursprünge überragen entschieden den Klappenrand.

Morgagni fand 5mal die Ursprünge in den Taschenräumen, 13mal oberhalb des Klappenrandes. Hyrtl traf sie 16mal innerhalb, 7mal oberhalb des Randes, dazu noch 13mal einseitig oberhalb des Randes, 117mal konnte die an die Wand der Aorta angedrückte Klappe nur unvollkommen die Ursprungsöffnung bedecken. Bei Betrachtungen dieser Art an todten Menschenherzen sind Täuschungen, etwa durch Leichenveränderungen hervorgerufen, wohl als ausgeschlossen zu betrachten. — Dieser Befund macht es allein schon im hohen Masse unwahrscheinlich, dass die Verdeckung der Ursprungsöffnungen bei der Systole des Ventrikels durch die Halbmondklappen eine constante physiologische Erscheinung sei.

Die Selbststeuerung des Herzens.

Die Selbststeuerung des Herzens (Brücke). Brücke hat zu beweisen gesucht, dass die Semilunarklappen bei der Systole die Ursprungsöffnungen der Coronararterien verdecken, so dass nur in der Diastole die Füllung dieser Gefässe vor sich gehe. Die Zweckmässigkeit einer derartigen Einrichtung findet er darin, dass a) die diastolische Füllung der Ventrikelgefässe die Muskelzüge der Ventrikelwand dehne und somit auch die Kammerhöhle in zweckentsprechender Weise für das diastolisch von den Vorhöfen her einstürzende Blut erweitere. b) Dahingegen würde eine systolische Füllung der Kranzarterien unzweckmässig sein, weil die besagte Injectionserweiterung der Ventrikelwände der Contraction widerstrebe, und weil die systolische Füllung und Ausspritzung der Coronararterien die Ventrikelkraft unnöthig vermindere. So würde allerdings die diastolische Füllung der Coronararterien den mechanischen Verhältnissen am Besten entsprechen. Diese Einrichtung hat Brücke „Selbststeuerung des Herzens“ genannt.

Gegen diese Annahme ist Folgendes geltend gemacht: 1. Die Füllung der Coronargefässe an einem todten Herzen unter höherem Drucke hat nicht allein keine Erweiterung, sondern sogar eine Verengerung der Ventrikelräume zur Folge (v. Wittich), hierdurch ist also die Annahme a) einer wichtigen Stütze beraubt. — 2. Die Hauptstämme der Coronararterien liegen im lockeren subperikardialen Fettgewebe in den Sulci des Herzens, woselbst eine Dehnung und Verkleinerung derselben auf die Herzhöhlen nur höchst unvollkommen einwirken könnte. — 3. Es ist durch die Vivisection erwiesen, dass eine angeschnittene Coronararterie continuirlich spritzt (wie alle Arterien) mit systolischer Verstärkung. — 4. Lässt man durch ein hinreichend weites Rohr in den linken Vorhof eines ganz frischen Schweineherzens intermittirend einen starken Wasserstrahl einströmen, der durch das venöse Ostium bis in die Aorta hinein getrieben wird, ist hierbei die Aorta weiterhin vom Bogen an mit einem weiten aufwärts gerichteten Rohre versehen (etwa nur 20 Cmtr. lang, um wenigstens einen geringen Druck in der Aorta herzustellen), so sieht man auch jetzt aus der durchschnittenen Coronararterie das Wasser continuirlich spritzen mit systolischer Verstärkung. — 5. Es ist von vorn herein unwahrscheinlich, dass allein die Coronararterien sich diastolisch füllen sollten, während alle anderen Arterien des Körpers sich systolisch füllen. — 6. Uebrigens befindet sich in der Klappentasche stets ein so grosses Quantum Blut, welches zur Füllung der betreffenden Arterie im ersten Zeittheile der Systole hinreicht. Demgemäss könnte also höchstens in einem späteren Zeitabschnitt der Systole das Zuströmen unterbrochen werden. — 7. Die emporgehobenen Klappen legen sich nicht dicht an die Wand an (Hamberger, Rüdinger). Angenommen aber, es lege sich die Klappe dicht an die Aortawand, so würde ihre diastolische Rückwärtsbewegung und Entfaltung nur schwierig zu ermöglichen sein (Hamberger). — 8. Die Beobachtungen am Muskel haben gezeigt, dass während seiner Contraction seine kleinen Gefässe sich erweitern und der Blutstrom durch denselben beschleunigt wird. Es ist daher schwerlich anzunehmen, dass im contrahirten Herzmuskel die Blutbewegung stocken sollte. — 9. Durch die systolische Füllung der Aorta verlängert sich die arterielle Bahn, diese elastische Dehnung gleicht sich aber schon aus, ehe die Diastole eingetreten ist. Durch das Zurückgehen der Wandung wird die ihr anliegende Blutschicht mit nach rückwärts getrieben und schliesst so die Klappen (Ceradini). Dass in der That die Aortaklappen sich eher schliessen, als die völlige diastolische Ruhe des Ventrikels eingetreten ist, ist auch aus dem Curvenbilde des Herzstosses zu entnehmen. (Vgl. Figur 14. A.)

Gründe, welche für die systolische Füllung der Coronararterien sprechen.

Auch noch die folgenden physiologisch wichtigen Einzelheiten an den Gefässen des Herzens sind beachtenswerth: Die Capillargefässe der Muskelsubstanz sind entsprechend der energischen Thätigkeit des Herzens sehr reichlich. Bei ihrem Uebergange in die Venen treten stets mehrere derselben sofort zu einem dickeren Venenstämmchen zusammen, wodurch ein sehr leichter Uebertritt des Blutes in die Venen ersichtlich ist. Die Venen sind mit Klappen ausgestattet. Diese bringen es mit sich, dass 1. bei der Systole des rechten Vorhofes der Venenstrom unterbrochen wird, 2. dass bei der Contraction der Ventrikel das Blut in den Herzvenen ähnlich beschleunigt wird, wie in den Venen der Muskeln. Diese systolische Beschleunigung des Venenstromes lässt vielleicht mit Recht auf eine gleichzeitige nicht unterbrochene Arteriencirculation schliessen.

Capillargefässe und Venen des Herzens.

Die Arterien sind durch ihre sehr dicke bindegewebige und elastische Intima ausgezeichnet, welche vielleicht das häufige Auftreten der Verkalkungen an diesen Gefässen erklärt (Henle). — Zarte Gefässästchen des Endokardiums gehen bis in die Klappen. — Als eine merkwürdige Thatsache sei noch erwähnt, dass manche niedere Wirbelthiere gar keine Gefässe in der Herzsubstanz haben (anangische Herzen), z. B. der Frosch (Hyrtl).

55. Die Bewegung des Herzens.

Die Herzbewegung besteht aus der Systole und Diastole.

Die Herzbewegung gibt sich zu erkennen als eine abwechselnde Contraction und Erschlaffung der Herzwandungen. Die ganze Bewegungserscheinung, Revolutio cordis genannt, setzt sich zusammen aus drei Acten: der Zusammenziehung der Vorhöfe (Systole Atriorum), der Zusammenziehung der Kammern (Systole ventriculorum) und der Pause. Während der Pause sind Vorkammern und Kammern erschlafft, während der Contraction der Vorhöfe ruhen die Kammern, während der Zusammenziehung der Kammern sind die Vorhöfe erschlafft. Die Ruhe in der Erschlaffung wird Diastole genannt. Der Reihe nach geben sich folgende Erscheinungen am Herzen während einer Herzrevolution zu erkennen:

Füllung der Vorhöfe.

A) Das Blut strömt in die Vorhöfe, welche hierdurch mitsammt den Herzohren ausgedehnt werden. Der Grund hierfür liegt:

1. In dem Drucke, unter welchem das Blut in den Enden der Hohlvenen (rechts), und der Lungenvenen (links) steht, der grösser ist als der Druck in den Vorhöfen.

2. In dem elastischen Zug der Lungen (siehe unten), welcher nach vollendeter Zusammenziehung der Vorhöfe die nunmehr erschlafften, zusammenliegenden, nachgiebigen Vorhofswände wieder aus einander zieht. Mit der Füllung der Vorhöfe geht auch die der Herzohren einher, die gewissermassen als Nebenreservoire der Vorhöfe für das sehr reichlich einströmende Blut gelten können.

Contraction der Vorhöfe.

B) Die Vorhöfe contrahiren sich. Hiebei erkennt man in schnellster Folge:

1. Die Zusammenziehung und Entleerung des Herzohres gegen den Vorhof hin. Zugleich verengern sich durch ihre circulären Muskellagen die einmündenden Venen, vornehmlich die obere Hohlvene und die Einmündungsstellen der Venae pulmonales.

2. Die Wandungen der Vorhöfe ziehen sich gleichmässig gegen die Zipfelklappen und die venösen Ostien hin zusammen, wodurch

3. das Blut abwärts in die erschlafften Ventrikel hineingetrieben wird, die sich nun beträchtlich erweitern.

Die Contraction der Vorhöfe hat zur Folge:

Undulationsbewegungen an den grossen Venenstämmen.

a) Ein leichtes Anstauen des Blutes in die grossen Venenstämme, wie man namentlich bei Kaninchen leicht erkennen kann, bei denen nach Durchschneidung der Brustmuskeln der Zusammentritt der Venae jugulares und subclaviae freigelegt ist. Es findet kein eigentliches Zurückwerfen der Blutmasse statt, sondern nur eine theilweise stauende Unterbrechung des Einflusses in den Vorhof, weil, wie gesagt, die Einmündungsstellen der Venen sich verengern, weil ferner der Druck in der

oberen Hohlvene und in den Lungenvenen der Rückstauung bald das Gegengewicht hält, und endlich weil im Gebiete der unteren, zum Theil auch der oberen Hohlvene und der Herzvenen Klappen die Rückstauung verhindern. In dem anstauenden Hohlvenenblute bewirkt die Herzbewegung eine regelmässige pulsatorische Erscheinung, die in abnormer Höhe zum Venenpuls führen kann (siehe 104; — Venenpuls).

Füllung der Kammern.

b) Der hauptsächlichste Bewegungseffect der Contraction der Vorhöfe ist die Erweiterung der erschlafften Ventrikel, die andererseits theils schon durch den elastischen Zug der Lungen, theils durch die Elasticität der aus der Contraction in die Erschlaffung übergehenden Muskelwände (Aspiration der Herzhöhlen) in ihrem Innenraum eine Erweiterung erfahren. Diese diastolische Aspiration seitens der Ventrikel geht bei energischem Herzschlag mit bedeutender Kraft vor sich, vorausgesetzt, dass die vorhergegangene Systole den Ventrikel gut entleert hatte. Sie entspricht für den linken Ventrikel einem negativen Drucke von gegen 23 Mm. Quecksilbersäule (beim grossen Hunde), die Saugkraft des dünnwandigen rechten Ventrikels ist dem gegenüber nur sehr klein (Goltz und Gaule).

Saugkraft der Kammern.

c) Bei dieser Dehnung der Ventrikel durch das einströmende Blut flottiren sofort die Atrioventrikularklappen nach Oben, indem sie theils durch den Gegenschlag des Blutes von der Ventrikelwand hinaufgedrängt werden, theils sich vermöge ihres geringeren specifischen Gewichtes leicht schwimmend horizontal ausbreiten.

Schluss der venösen Klappen.

C) Nun contrahiren sich die Ventrikel, indem gleichzeitig die Vorhöfe erschlaffen. Hierbei

Contraction der Kammern.

1. ziehen sich die Muskelwände allseitig zur Verkleinerung des Ventrikelraumes zusammen.

2. Somit presst sich sofort das Blut gegen die Unterfläche der Atrioventrikularklappen, deren Ränder sich hermetisch gegen einander legen. Hierbei ist ein Rückwärtsflottiren in die Vorhofshöhlen nicht möglich, da die chordae tendineae ihre Ränder wie die geblähter Segel festhalten. Für die Aneinanderlagerung der benachbarten Klappenränder wirkt noch der Umstand günstig, dass von einem Papillarmuskel die Sehnenfäden stets an die einander zugekehrten Ränder zweier Klappen gehen (Reid). Um so weit als die untere Ventrikelwand sich bei der Contraction den Klappen nähert und so ein Rückschlagen ermöglichen könnte, compensirt dieses schon bald die Contraction der Papillarmuskeln und der grösseren muskelhaltigen Sehnenfäden selbst. Es ist sogar nicht unwahrscheinlich, dass auf der Höhe der Ventrikelcontraction die Klappensegel tief konusartig in den Ventrikelraum zur Verkleinerung desselben von Oben hineingezogen werden, wodurch die Blutentleerung möglichst vollständig wird (Burdach 1820).

Chordae tendineae.

Oeffnung der arteriellen Klappen.

3. Hat der Druck im Ventrikel den in dem arteriellen Gefässe übertroffen, so öffnen sich die Halbmondklappen, spannen sich sehnenartig über ihre gewölbten Taschenräume, ohne sich an die Wand der Arterien fest anzulegen, und lassen das Blut eintreten.

A. Fick glaubte die merkwürdige Beobachtung gemacht zu haben, dass der Druck im linken Ventrikel niedriger sein kann bei der Contraction, als in der Aorta. Wäre das der Fall, so könnte nur das durch die Vorhofscontraction beschleunigt eingetriebene „geschleuderte" Blut die Klappen öffnen. Die Beobachtung ist jedoch weiterhin nicht mehr gemacht worden.

Schluss der Semilunarklappen.

D) Sobald die Ventrikelcontraction ihr Ende erreicht, und sie sich zur Erschlaffung anschicken, schliessen klappend die Semilunarklappen zu. Es beginnt die Pause.

Unter normalen Verhältnissen ist die rechte und die linke Herzhälfte stets zugleich und gleichmässig contrahirt oder erschlafft.

Schon der Hippokratischen Schule galt das Herz als ein Muskel; bekannt waren die Aorta, die Pulmonalis, die 4 Klappen, die Sehnenfäden, die Herzohren, der Schluss der halbmondförmigen Klappen. Erasistratus (304 v. Chr.) deutet die Function der venösen Klappen. — Das Vorhandensein eines Knochens im Septum bei grösseren Thieren, Bos, Cervus, Elephas war Galen (131—203 n. Chr.) bekannt.

56. Pathologisch gestörte Thätigkeit des Herzens.

Abnorme Widerstände erzeugen Hypertrophieen am Herzen.

Alle Widerstände, welche sich der Blutbewegung durch die verschiedenen Abtheilungen des Herzens und durch die sie verbindenden Gefässbahnen hiedurch entgegenstellen, veranlassen eine dauernde grössere Arbeitsleistung des für diese Strecke des Kreislaufes besonders thätigen Herzabschnittes und in Folge davon eine Dickenzunahme der Muskelwandungen und Erweiterung dieses letzteren. Wirken die Widerstände nicht allein auf einen Herzabschnitt, sondern consecutiv auf stromaufwärts belegene Theile, so werden auch diese eine nachfolgende Hypertrophie zeigen. Ist neben vermehrter Muskelsubstanz des betreffenden Herzabschnittes zugleich auch die innere Höhle desselben, was oft der Fall ist, erweitert, so spricht man von einer excentrischen Hypertrophie, oder Hypertrophie mit Dilatation.

Excentrische Hypertrophieen.

Arten der Widerstände.

Die Widerstände, um welche es sich hier handelt, sind im Bereiche der Gefässbahnen Verengerungen oder Unnachgiebigkeit derselben, — im Bereiche des Herzens Verengerungen der arteriellen oder venösen Ostien, oder auch Undichtigkeiten (Insufficienz) der Klappen. Letztere bewirken dadurch Widerstände in der Blutbewegung, dass sie von dem einmal fortbeförderten Blute stets eine Menge wieder rückwärts strömen lassen.

Ursachen der Hypertrophie der linken Kammer.

So entsteht 1. Hypertrophie des linken Ventrikels bei Hindernissen im Gebiete des grossen Kreislaufes, und zwar vornehmlich der Arterien und Capillaren, — nicht der Venen. Hieher gehören Verengerungen des Aortenostiums und der Aorta weiterhin, ferner Verkalkung und Undehnbarkeit der grossen Schlagadern,

unregelmässige Erweiterungen an derselben (Aneurysmen), — Insufficienz der Aortaklappen, bei welcher im Ventrikel stets der Aortadruck herrscht, — endlich Schrumpfung der Nieren, so dass diese Organe in ihrer Wasserausscheidung verhindert sind.

des linken Vorhofes,

2. Hypertrophie des linken Vorhofes tritt ein bei Stenose des linken venösen Ostiums, oder bei Insufficienz der Mitralis, — consecutiv aber auch bei Insufficienz der Aortaklappen, weil der Vorhof hier den im Ventrikel ununterbrochen herrschenden Aortadruck zu überwältigen hat.

der rechten Kammer,

3. Hypertrophie des rechten Ventrikels wird sich ausbilden a) bei allen Hindernissen, welche der Blutstrom im Gebiete des kleinen Kreislaufes erfährt. Diese sind: α) Verödungen grösserer Gefässbezirke der Lungen, in Folge von Zerstörung oder Schrumpfung oder Compression der Lungen, ferner Untergang zahlreicher Capillaren in emphysematösen Lungen. — β) Ueberfüllungen des kleinen Kreislaufes mit Blut in Folge von Stenose des linken venösen Ostiums oder Insufficienz der Mitralis, — consecutiv auch bei Hypertrophie des linken Vorhofes bei Aortaklappen-Insufficienz. — b) Hypertrophie des rechten Ventrikels wird sich aber auch ausbilden müssen bei Undichtigkeit der Pulmonalis-Klappen, die das Blut in die Kammer zurückströmen lässt, so dass im Innern derselben ununterbrochen der Druck der Pulmonalarterie herrscht (sehr selten).

des rechten Vorhofes.

4. Hypertrophie des rechten Vorhofes herrscht consecutiv bei letztgenanntem Zustande, ferner bei Stenose des rechten venösen Ostiums, oder Insufficienz der Tricuspidalis (selten).

Treffen mehrere Hindernisse im Kreislaufsgebiete zusammen, so combiniren sich die daraus resultirenden Folgeerscheinungen.

Versuche über Anlegung künstlicher Klappenfehler.

Ueber die Art und Weise, wie das Herz sich bei entstehenden Klappenfehlern in seiner Thätigkeit verhält, hat O. Rosenbach Untersuchungen angestellt. Wurden die Aortaklappen durchlöchert, mit oder ohne gleichzeitiger Verletzung der Mitralis und Tricuspidalis, so zeigte sich zuerst eine vermehrte Arbeit des Herzens, durch welche gegen den physikalischen Fehler so angekämpft wurde, dass der Blutdruck nicht sank. Das Herz gebietet also gewissermassen über Reservekräfte, die zuerst in Wirksamkeit treten. In Folge der Klappenundichtigkeit bildet sich nun zuerst Dilatation durch die Regurgitation des Blutes in den betreffenden Herzabschnitt. Dann erfolgt die Ausbildung der Hypertrophie, bis zu deren Vollendung die Reservekräfte die Compensation leisten müssen.

Erschwerung der Diastole.

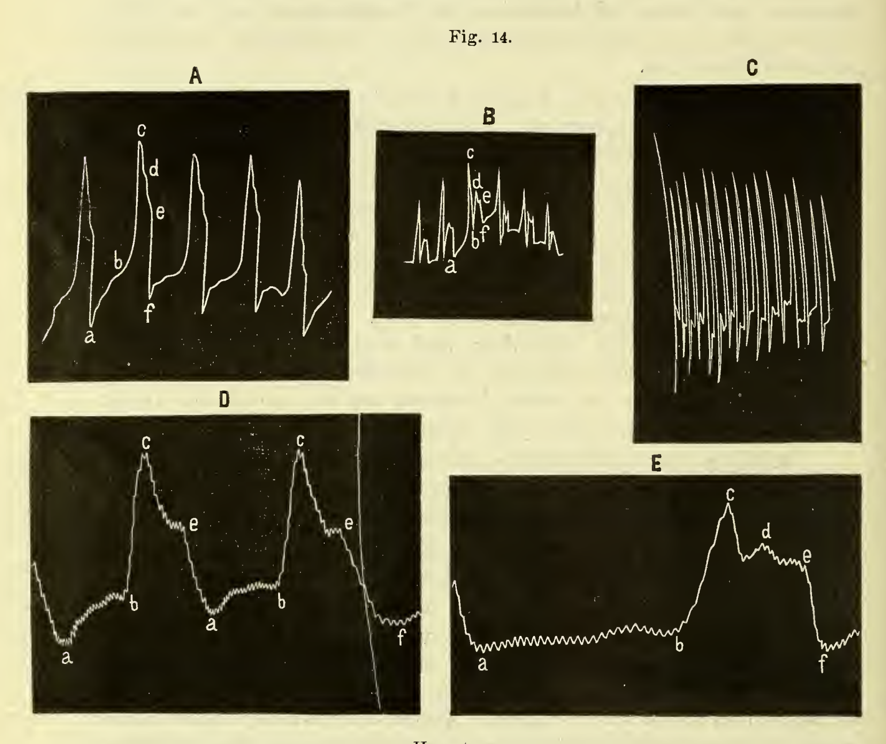
Unter den Ursachen, welche die Diastole des Herzens besonders erschweren, sind noch zu nennen: hochgradige Ergüsse im Herzbeutel oder Druck von Geschwülsten auf das Herz. Die Systole wird wesentlich erschwert durch Verwachsung des Herzens mit dem Herzbeutel und dem Bindegewebe der Mediastinalcava. Hier muss das umgebende Gewebe, sogar die Thoraxwand bei Contraction des Herzens mit herangezogen werden, so dass Einziehung der Herzstossgegend und diastolisches Hervorschnellen dieser Stelle erfolgt.

57. Der Herzstoss.

Definition des Herzstosses.

Unter Herzstoss versteht man unter normalen Verhältnissen eine an einer umschriebenen Stelle des 5. linken Intercostalraumes wahrnehmbare (fühl- und sichtbare) Erhebung, welche durch die Bewegung des Herzens hervorgebracht wird.

Fig. 14.



Herzstosscurven.
A normale Herzstosscurve vom Menschen; *B* dessgleichen vom Hunde; *C* sehr beschleunigte vom Hunde — *D* u. *E* normale Herzstosscurven vom Menschen auf schwingender Stimmgabelplatte verzeichnet: jedem Zähnchen entspricht die Zeit = 0,01613 Secunde. In allen Curven bedeutet *ab* die Vorhofscontraction, — *bc* die Ventrikelcontraction, — *d* Schluss der Aortaklappen, — *e* Schluss der Pulmonalisklappen, — *ef* Erschlaffung der Ventrikel.

Seltener trifft man den Stoss im 4. Intercostalraum, mitunter ist er weniger deutlich, falls nämlich das Herz gegen die 5. Rippe selbst andrängt.

Der Herzstoss wird am zuverlässigsten aus der Herzstosscurve erkannt.

Es gelingt von dieser Bewegung vermittelst registrirender Werkzeuge ein Curvenbild verzeichnen zu lassen, „die Herzstosscurve“, an welcher man 1. die Einzelheiten ersehen kann, welche den Herzstoss hervorbringen, und 2. durch Ausmessung über den zeitlichen Verlauf der die Herzrevolution zusammensetzenden Bewegungsphasen unterrichtet wird.

Methode: Zur Registrirung der Herzstosscurven dient entweder der Sphygmograph von Marey (siehe Puls) oder der Kardiograph desselben Forschers. (Der Pansphygmograph von Brondgeest repräsentirt eigentlich dasselbe Werkzeug mit unwesentlichen Veränderungen; siehe daher dieses unten in der Pulslehre, 72.)

Figur 14 A zeigt uns die Herzstosscurve eines normalen Menschen, B die des Hundes mittelst des Sphygmographen

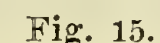
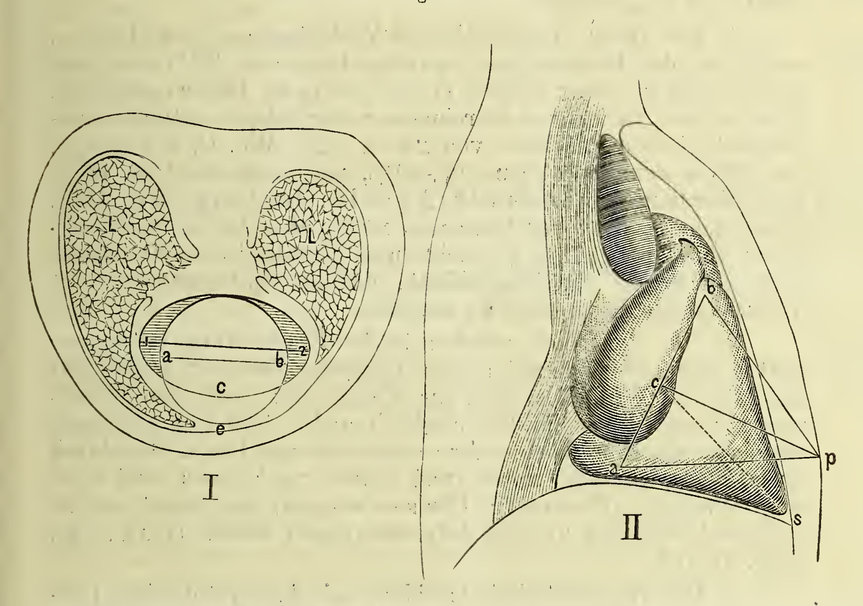


Fig. 15.



I. Schematischer Horizontalschnitt durch Herz und Lungen nebst den Thoraxwandungen zur Demonstration der Formveränderung der Herzbasis bei der Contraction des Ventrikels. 1, 2 Querdurchmesser des Ventrikels in der Diastole, *c* der Ort der vorderen Ventrikelwand. — *ab* Querdurchmesser des Ventrikels in der Systole, mit *e*, dem Orte der vorderen Ventrikelwand während der Systole. — II. Seitenansicht der Herzlage: *s* die Herzspitze in der Diastole, *p* dieselbe in der Systole (nach C. Ludwig).

verzeichnet. An beiden erkennt man folgende Einzelheiten: ab ist hervorgerufen durch die Contraction der Vorkammern. Da die Atrien sich in der Richtung der Herzaxe von rechts und oben nach links und unten zusammenziehen, so ist es nicht auffällig, dass sich die Herzspitze gegen den Intercostalraum vorschiebt. Man nimmt an diesem Curvenabschnitte gewöhnlich 2, selbst 3 kleinere Erhebungen wahr, welche von den schnell hinter einander sich contrahirenden Venenenden, den Herzohren und den Atrien selbst herrühren mögen.

Die Vorhofserhebung der Herzstosscurve.

Die Ventrikularhebung.

Die Strecke bc, welche dem Werkzeug wie dem tastenden Finger den grössten Impuls ertheilt, rührt her von der Contraction der Ventrikel. Während desselben ertönt der erste Herzton. Irrthümlich hat man bis dahin vielfach nur dieser Ventrikelcontraction den Herzstoss zugeschrieben, allein mit vollem Unrechte, denn den Herzstoss setzen zusammen alle die Einzelheiten, welche als Elevationen in der Herzstosscurve zur Ausprägung gelangen.

Die Ursache des Ventrikelstosses ist begründet:

Die Ursache des Ventrikelstosses ist Gegenstand zahlreicher Discussionen und Untersuchungen geworden. Sie beruht im Folgenden:

in der Abrundung der Ventrikelbasis

1. Die Basis (Ventrikel- und Vorhofsgrenze) des Herzens, welche in der Diastole eine quergelagerte Ellipse darstellt, wird zu einer mehr kreisförmigen Figur contrahirt. Hierbei wird der grosse Durchmesser der Ellipse natürlich verkleinert (bei der Katze von 28 zu 22,5 Mm. C. Ludwig), der kleine vergrössert (um $^1/_{10}$—$^1/_4$), und somit wird die Basis näher der Brustwand gebracht (Arnold, Ludwig). Fig. 15. I. Das allein bewirkt den Herzstoss nicht, aber die so der Brustwand zum Theil näher gebrachte und systolisch erhärtete Basis gibt der Spitze die Möglichkeit, die den Spitzenstoss selbst veranlassende Bewegung zu machen.

und der Elevation der Herzspitze

2. Der Ventrikel, welcher in der Erschlaffung mit seiner Spitze schief abwärts mit seinem Längsdurchmesser geneigt ist (so dass die Winkel, welche die Ventrikelaxe mit dem Durchmesser der Herzbasis bildet, ungleich sind), stellt sich als regelmässiger Kegel mit seiner Axe senkrecht zur Basis. Hierdurch muss die Spitze von unten und hinten nach vorn und oben erigirt werden (Harvey: Cor sese erigere) und presst sich so systolisch erhärtet in den Intercostalraum hinein (Ludwig). (Fig. 15 II.)

bei gleichzeitiger spiraliger Drehung der Ventrikel.

3. Die Herzventrikel erleiden bei der systolischen Contraction zugleich eine leichte spiralige Rollung um ihre Längsaxe der Art (lateralem inclinationem, Harvey), dass die Spitze von hinten etwas mehr nach vorne gebracht wird, wobei zugleich von dem linken Ventrikel ein grösserer Streifen sich nach vorn wendet. Diese Rollung rührt daher, dass viele Faserzüge der Ventrikelmuskeln, welche von dem der Brustwand zugewendeten Theile des Faserringes an der Grenze des rechten Vorhofes und der Kammer entspringen, schräg von oben und rechts nach unten und links, zum Theil bis auf die Rückseite des linken Ventrikels verlaufen. Sie ziehen also in der Richtung ihres Verlaufes die Herzspitze etwas empor und die Rückseite etwas gegen die vordere Brustwand (Harvey, Kürschner, Wilckens).

Diese Drehung wird begünstigt dadurch, dass die leicht spiralig gegeneinander geschmiegten Stämme der Aorta und

Pulmonalis bei ihrer systolischen Spannung in gleichem Sinne eine Drehung des Herzens bedingen (Kornitzer).

Das sind die wesentlichen Bewegungsursachen der Ventrikelstossbewegung. Als minder wichtig mögen unterstützend wirken:

Der Reactionsstoss unterstützt den Herzimpuls,

4. Der Reactionsstoss, welchen die Ventrikel erfahren (ähnlich wie ein abgefeuertes Gewehr), in dem Momente, in welchem die Blutmasse sich in die Aorta und Pulmonalis entleert. Die Spitze wird hierbei natürlich in entgegengesetzter Richtung, also nach unten und etwas nach aussen hin, den Rückstoss erfahren müssen (Gutbrod, Skoda, Hiffelsheim). Ich habe jedoch darauf aufmerksam gemacht, dass die Blutmasse sich erst etwa 0,08 Secunde nach Beginn der Ventrikelcontraction in die Gefässe entleert, dass hingegen der Spitzenstoss sofort mit dem ersten Tone anhebt.

desgleichen das systolische Längerwerden der Aorta und Pulmonalis.

5. Indem die Blutmasse in die Aorta und Pulmonalis eindringt, werden diese durch Erhöhung des Blutdruckes länger. Da nun das Herz von oben her an ihnen suspendirt ist, so wird die Herzspitze etwas nach unten und abwärts gegen den Intercostalraum gedrängt.

Da der Herzstoss auch bei blutleeren Herzen getödteter Thiere noch beobachtet wird, so ist 4 und 5 jedenfalls nur von untergeordneter Bedeutung.

Um dem Irrthume zu begegnen, als ob die der Brustwand diastolisch etwa fernliegende Herzspitze nun systolisch anklopfe an die innere Thoraxwand, hat Kiwisch mit Recht darauf aufmerksam gemacht, dass die Herzspitze der Brustwand stets anliege, nur durch ein dünnes Lungenstückchen getrennt, und dass die bereits anliegende Herzspitze nur gegen den Intercostalraum andränge.

Nachdem die Ventrikel durch ihre systolische Bewegung bis zum Curvenzipfel c den ergiebigsten Theil der Herzstosscurve verzeichnet haben, sinkt am Ende der Ventrikelcontraction c nunmehr schnell die Curve abwärts, indem die Ventrikel aus dem Zustande der stärksten Contraction wieder in Erschlaffung übergehen.

Elevationen hervorgebracht durch den prompten Schluss der Semilunarklappen der Aorta und Pulmonalis.

Allein sehr bald erfolgen im absteigenden Schenkel der Curve bei d und e zwei kleinere aber deutliche Elevationen, gleichzeitig mit dem zweiten Herzton. Diese haben ihre Entstehungsursache in dem prompten Schluss der Semilunarklappen, der sich, da er mit einer gewissen Gewalt erfolgt, durch die Axe der Ventrikel bis zur Spitze forterstreckt und durch diese hindurch noch den Intercostalraum erschüttert; d entspricht dem Schluss der Aortaklappen, e dem der Pulmonalisventile. Es erfolgt also der Klappenschluss beider nicht gleichzeitig, im Mittel etwa 0,05—0,09 Sec. von einander getrennt (Landois). Wegen des grösseren Blutdruckes in der Aorta schliessen sich die Klappen derselben früher, als die der Pulmonalis.

Von e bis zum Fusspunkte der Curve bei f geht die diastolische Erschlaffung der Ventrikel völlig von Statten.

Aus den Erläuterungen zu den Herzstosscurven geht somit zu Genüge hervor, dass der Herzstoss hervorgebracht wird hauptsächlich zwar durch die Contraction der Ventrikel, dass aber auch die Vorhofszusammenziehung, sowie die Erschütterungen durch den Schluss der Semilunarklappen daran mitbetheiligt sind.

Nach plötzlicher Umschnürung der Aorta und Pulmonalis sahen Guttmann und Jahn den Herzstoss fehlen. — Nicht selten beobachtet man in der Umgebung des Spitzenstosses eine systolische Einziehung eines Intercostalraumes zur Ausfüllung des Raumes, den die contrahirten Kammern geschaffen haben.

58. Die zeitlichen Verhältnisse der Herzbewegung.

Die Zeitverhältnisse der Herzbewegung werden aus der Herzstosscurve berechnet.

Die Zeitverhältnisse der einzelnen Phasen der Herzbewegung lassen sich am leichtesten und zugleich auch mit der grössten Zuverlässigkeit an den Herzstosscurven eruiren.

Methode.

1. Weiss man, um eine wie lange Strecke sich das Curventäfelchen in einer Zeiteinheit gleichmässig während der Curvenaufnahme fortbewegt, so kann man durch directe Messung für jeden Curventheil die zugehörige Zeit bestimmen (ähnlich wie bei den Pulscurven; siehe diese, 72).

2. Mit grösster Bequemlichkeit gelingt es, die Zeit zu bestimmen, wenn man die Curven auf ein Täfelchen schreiben lässt, welches am Arme einer grossen Stimmgabel während der Aufzeichnung vibrirt. (Siehe Figur 14 D, E.) Es enthält dann die Curve in allen ihren Abschnitten kleine Zähnchen, herrührend von den Schwingungen der Stimmgabel. D und E sind solcher Gestalt hergerichtete Herzstosscurven gesunder Studenten (in D ist die Zacke d nicht ausgeprägt). Jede ganze Schwingung der Stimmgabel (also von Spitze zu Spitze der Zähnchen gerechnet) = 0,01613 Secunden. Einfaches Abzählen und Multipliciren ergibt sofort die Zeit.

Obwohl in der zeitlichen Entwickelung der einzelnen Bewegungsphasen eine gewisse Gesetzmässigkeit waltet, so schwanken dennoch die Werthe selbst bei Gesunden innerhalb gewisser Breiten.

Dauer der Pause und der Atriencontraction.

Der Werth für ab = Pause + Vorhofscontraction ist den grössten Schwankungen unterworfen, und hängt am meisten von der Zahl der Pulsschläge in der Minute (Zeiteinheit) ab. Denn je schneller die Herzschläge auf einander folgen, um so kürzer wird natürlich die Pause ausfallen müssen und umgekehrt. An den Curven, selbst bei langsamer Schlagfolge, ist es oft nicht möglich, das der Pause entsprechende Stück (das in der Curve eine horizontal verlaufende Linie darstellen müsste) von der als Hügel markirten Vorhofscontraction zu unterscheiden. Ich fand in einem Falle (bei 55 Herzschlägen in 1 Minute) die Pause = 0,4 Secunden, die Vorhofscontraction = 0,177 Secunden. In Figur A ergibt die Ausmessung für Pause + Vorhofscontraction (bei 74 Herzschlägen) 0,5 Secunden. In D ist der entsprechende Werth ab = 19—20 Schwingungen = 0,32 Secunden; in E = 26 Schwingungen, entsprechend 0,42 Secunden.

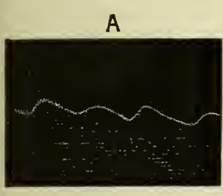
Dauer der Ventrikelcontraction.

Die Ventrikelsystole wird von b, dem Beginne der Zusammenziehung, bis e, dem erfolgten Schlusse der Semilunarklappen der Pulmonalis, gerechnet; sie dauert also vom ersten bis

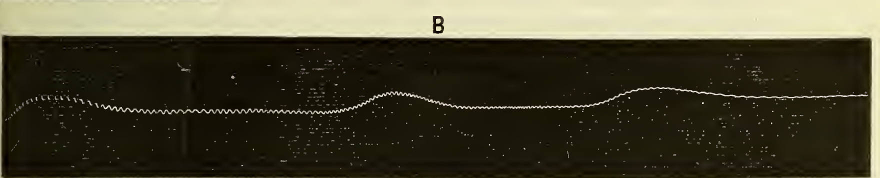
zum zweiten Herzton. Auch dieser Werth ist von verschiedener Grösse, aber doch bereits wesentlich constanter. Bei beschleunigter Herzaction wird er geringer, bei langsamer grösser. In E = 0,32 Secunden; — in D = 0,29 Secunden; — bei nur 55 Herzschlägen fand ich ihn = 0,34, bei sehr hoher Frequenz sinkt er aber bis 0,199 Secunden.

Fig. 16.

A



B



Zuckungscurve vom Ventrikel eines Kaninchens auf schwingender Stimmgabelplatte (1 = 0,01613 Secunde).
A ziemlich frisch nach dem Tode. *B* vom absterbenden Ventrikel.

Dass der Ventrikel bei geschwächter Herzaction zugleich langsamer sich contrahirt, sieht man schon, wenn man durch Aufsetzen des registrirenden Werkzeuges auf den Ventrikel eines getödteten Thieres dessen Schlag verzeichnet. In vorstehender Figur vom Kaninchenventrikel sind die langsamen Herzschläge zugleich die länger dauernden.

Es ist hier der Ort, genau zu präcisiren, ein wie grosser Zeitraum für die Ventrikelsystole zu bemessen sei. Ich halte für gut, zur Vermeidung von Missverständnissen folgende drei verschiedene Verhältnisse zu unterscheiden, nämlich 1. Die Zeit zwischen den beiden Herztönen, also vom Beginn des ersten bis zum Schlusse des zweiten Tones (b—e). — 2. Die Einströmungszeit des Blutes in die Aorta: diese erreicht offenbar ihr Ende in der Einbuchtung zwischen c und d (in E). Der Beginn derselben fällt jedoch nicht mit b zusammen, da sich die Semilunarklappen der Aorta erst 0,085 (Landois) bis 0,073 (Rive) Secunden nach Anhebung der Ventrikelcontraction öffnen. Hiernach würde der Aorteneinstrom 0,8—0,9 Secunden dauern. Der Strom in der Pulmonalis wird erst in der Einbuchtnng zwischen d und e unterbrochen. — 3. Endlich kann man die Zeit der Muskelcontraction der Ventrikel im Auge haben. Diese beginnt in b, erreicht die grösste Verkürzung in c und den Zustand völliger Erschlaffung erst in f. Der Gipfel der Curve c kann jedoch je nach der Nachgiebigkeit des Intercostalraumes bald höher, bald niedriger ausfallen, daher ist die Lage von c eine wechselnde.

Ich habe die merkwürdige Thatsache constatiren können, dass bei enormer Hypertrophie und Dilatation des linken Ventrikels die Dauer der Ventrikelcontraction den normalen Werth nicht wesentlich übersteigt.

Zeitdifferenz zwischen dem Schluss der Aorta- und Pulmonalis-Klappen.

Die Zeit, welche verstreicht zwischen d und e, d. h. zwischen dem erfolgten Schluss der Semilunarklappen der Aorta und dem der Pulmonalis (Landois), ist um so grösser, je

bedeutender der Druck in der Aorta den in der Pulmonalis überwiegt, da ja die Klappen durch den Druck von oben zum Schlusse niedergeworfen werden. Von 0,05 Secunden kann d e selbst mehr als das Doppelte der Zeit umfassen. Nimmt jedoch die Spannung im Aortensysteme ab, in der Pulmonalis hingegen zu, so können d und e sogar so nahe treten, dass sie in der Curve nicht mehr gesondert verzeichnet werden.

Die Zeit, in welcher die Ventrikel nach dem Schluss der Pulmonalisklappen erschlaffen, e f ist ebenfalls einem gewissen Wechsel unterworfen: es mag 0,1 Secunde als Mittel angenommen werden.

Zeitverhältnisse bei beschleunigtem Herzschlage.

Bei einer starken Beschleunigung der Herzaction verkürzt sich zuerst wesentlich die Zeit der Pause, wie ich übereinstimmend mit Donders fand; — weniger stark, aber hinreichend deutlich dann auch die Zeit der Systole der Vorkammern und der Kammern. Im höchsten Grade der Pulsfrequenz fällt die Systole der Atrien bereits mit dem Schlusse der arteriellen Klappen des vorhergehenden Herzschlages zusammen, wovon die Curvenreihe C ein schlagendes Beispiel (vom Hunde) liefert. (Siehe Figur 14 C.)

Da bei der Registrirung der Herzstosscurven der mehr oder weniger dicke und unnachgiebige Intercostalweichtheil das Herz von dem registrirenden Werkzeug trennt und dasselbe wohl nicht in allen Fällen den Herzbewegungen mit völliger Leichtigkeit zu folgen vermag, so wird eine mathematisch genaue Coincidenz der Curventheile mit den entsprechenden Bewegungsphasen nicht erwartet werden dürfen. Es würde daher erwünscht sein, bei Menschen mit freiliegendem Herzen (Ektopia cordis) genaue Herzstosscurven zu verzeichnen.

Endo-kardiographische Methode nach Marey und Chauveau.

3. Bei sehr grossen Säugethieren (Pferden) haben Marey und Chauveau durch eine eingreifendere Methode die Phasen der Herzbewegung in folgender Weise verzeichnen lassen. Lange katheterartige Röhren tragen an ihrem unteren Ende ein geschlossenes compressibles Kautschukbläschen. Das andere Ende des Rohres ist in Verbindung gebracht durch ein Kautschukrohr mit der Registrirtrommel des Kardiographen (Fig. 30, K). Es ist klar, dass eine Compression des Bläschens den mit der Registrirtrommel in Verbindung stehenden Schreibhebel erheben muss.

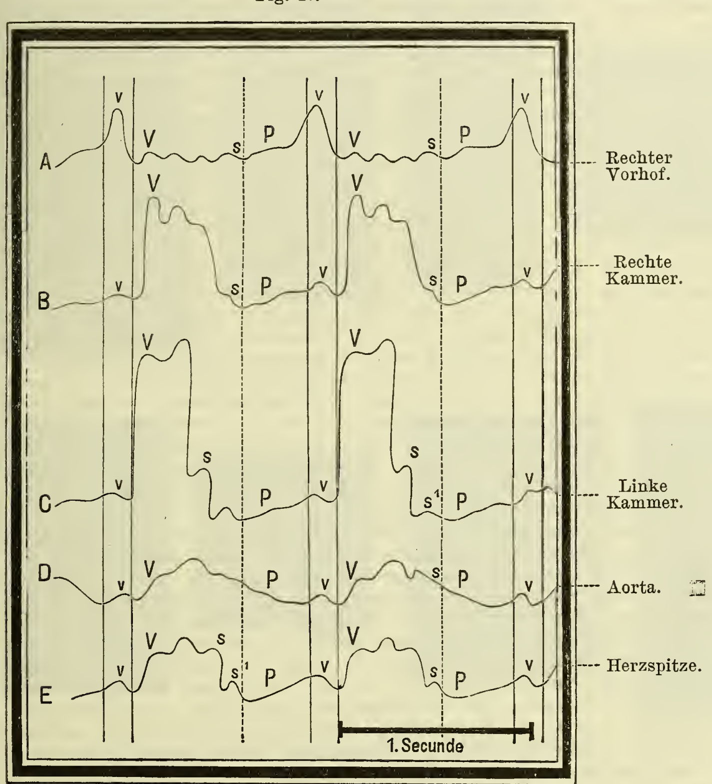
In Figur 17 finden sich nun eine Anzahl von Curven verzeichnet: Bei der Verzeichnung von A befand sich das Bläschen (durch die Jugularvene und obere Hohlvene hineingebracht) in dem rechten Vorhof; — bei B bis durch die Tricuspidalis vorgeschoben innerhalb des rechten Ventrikels; — bei D in der Aortenwurzel (hineingeschoben durch die Carotis); — bei C durch die Semilunarklappen der Aorta vorgeschoben im linken Ventrikel; — endlich bei E war es äusserlich an der Herzspitze, zwischen dieser und der inneren Thoraxwand, angebracht. In allen Reihen bedeutet v die Contraction der Vorkammern, V die der Kammern, s den Schluss der Semilunarklappen (bei C früher als in B erfolgend, vergleiche Fig. 14 A, E bei d und e), P die Pause. Da sich das Täfelchen mit gleicher Geschwindigkeit fortbewegt (der Massstab für 1 Secundenverschiebung ist daruntergesetzt), so ist die Messung der einzelnen Zeitabschnitte möglich.

Immerhin ist jedoch anzunehmen, dass das Einbringen der Röhren bis in das Herz nicht ohne Einfluss auf den gleichmässigen ungestörten Verlauf seiner Thätigkeit sein mag.

Alternation von Vorhof- und Kammer-Schlag.

Es bleibt noch ein Punkt der Erörterung anheimgegeben, ob n ä m l i c h V o r h o f u n d K a m m e r g e n a u a l t e r n i r e n d a r b e i t e n, so also, dass im Momente des Beginnes der Kammerzusammenziehung die Vorkammer erschlafft, oder ob die Kammer bereits sich

Fig. 17.



Bewegungscurven der einzelnen Herztheile nach C h a u v e a u und M a r e y.

contrahirt, während noch die Vorkammer kurze Zeit contrahirt bleibt, so dass also wenigstens für eine kurze Zeit das ganze Herz contrahirt ist. Letztere Anschauung wird von H a r v e y, D o n d e r s, S c h i f f u. A. vertreten, während H a l l e r und viele Neuere der Wechselthätigkeit das Wort reden. Aus den menschlichen Herzstosscurven (die allerdings nicht den definitiven Beweis liefern können), scheint meist die Ventrikelcontraction schon am Ende der Vorhofscontraction

einzusetzen. In den Marey'schen Curven tritt bei A (und ebenso in den unteren folgenden Reihen) die selbstständige, mit den Ventrikeln alternirende Contraction des Vorhofes in die Erscheinung.

59. Pathologische Abweichungen des Herzstosses.

Ortsveränderung des Herzstosses.

Die Lage des Herzstosses wird verändert: 1. Durch Ansammlung von Flüssigkeiten (Serum, Eiter, Blut) oder von Gas in der einen Brustraumhöhle. Hochgradige Ergüsse im linken Brustraum, die gleichzeitig die Lunge aufwärts- und zusammendrängen, können das Herz bis gegen die rechte Brustwarze hin verschieben. Rechtsseitige Ergüsse drängen das Herz etwas mehr nach links hin. — Da das rechte Herz grössere Anstrengung machen muss, das Blut durch die comprimirte Lunge zu schicken, so ist der Herzstoss hierbei meist verstärkt. — Starke Erweiterung der Lungen (Emphysem), welche das Zwerchfell niederdrückt, verschiebt ebenso den Herzstoss nach unten und innen; umgekehrt hat das höhere Hinaufragen des Diaphragma (durch Lungenschrumpfung oder durch Druck der Unterleibsorgane) das Hinaufgehen des Herzstosses (selbst bis zum dritten Intercostalraum) und etwas linkshin zur Folge. — Verdickung der Muskelwandung des Herzens und Erweiterung der Höhlen (Hypertrophie und Dilatation) macht, wenn sie den linken Ventrikel betrifft, denselben länger und breiter, und der verstärkte Herzstoss ist über die Mammillarlinie hinaus nach links selbst bis in die Axillarlinie im 6., 7., ja 8. Intercostalraume fühlbar. Hypertrophie und Dilatation des rechten Ventrikels verbreitert das Herz: der Herzstoss ist mehr nach rechts, ja selbst rechts vom Brustbein, zugleich aber auch noch etwas über die linke Mammillarlinie hinaus, fühlbar. — In den seltenen Fällen des Situs inversus, in welchen das Herz in der rechten Brustseite liegt, trifft man natürlich auch den Herzstoss genau an der entsprechenden rechten Thoraxseite. Ich habe von einem solchen Herzen zuerst eine Herzstosscurve aufgenommen, die alle normalen Einzelheiten darbot. — Wenn der Herzstoss nach links hin die Mammillarlinie, oder nach rechts die Parasternallinie überschreitet, so ist derselbe verbreitert und zeigt stets eine Hypertrophie des Herzens an. Ein bedeutend verbreiterter Herzstoss kann sich sogar über mehrere Zwischenrippenräume oder beide Thoraxseiten erstrecken.

Schwächung des Herzstosses.

Der Herzstoss erscheint abnorm geschwächt bei Atrophie und Entartung des Herzmuskels, oder bei Schwächung der Innervation der Herzganglien. Auch eine Abdrängung des Herzens von der Brustwand durch Ansammlung von Flüssigkeiten oder Luft im Herzbeutel, oder durch die sehr ausgedehnte linke Lunge, oder durch eine linksseitige Füllung des Thoraxraumes, schwächt den Herzimpuls, oder löscht ihn sogar völlig aus. Dasselbe findet statt, wenn der linke Ventrikel entweder sehr wenig gefüllt ist während seiner Contraction (in Folge einer starken Verengerung der Mitralis), oder wenn er sich nur allmählich und langsam entleeren kann (bei starker Verengerung des Aortaostiums). —

Verstärkung des Herzstosses.

Eine Verstärkung des Herzstosses wird beobachtet bei Hypertrophie der Wandung, sowie bei den verschiedenen Erregungen (psychische, entzündliche, fieberhafte, toxische), welche die Herzganglien treffen. Starke Hypertrophie des linken Ventrikels macht den Herzstoss hebend, so dass ein Theil der linken Brustwand unter systolischer Erschütterung emporgehoben wird.

Herzsystolisches Einsinken.

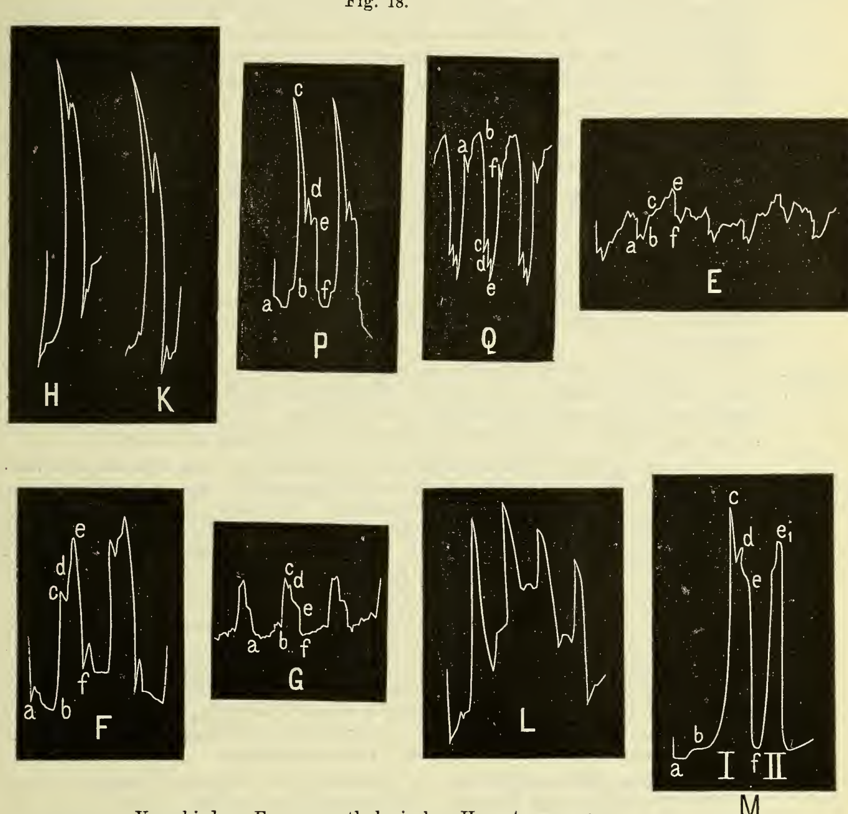
Ein herzsystolisches Einsinken an der vorderen Brustwand findet sich im 3. und 4. linken Intercostalraum nicht selten unter normalen Verhältnissen, zumal bei verstärkter Herzaction, ferner auch bei excentrischer Hypertrophie der Kammern. Da mit der Kammercontraction die Herzspitze etwas abwärts geht und die Ventrikel zugleich sich verkleinern, so werden zur Ausfüllung des leer gewordenen Raumes die nachgiebigen Weichtheile der Intercostalränme einsinken. — Bei Verwachsung des Herzens mit dem Herzbeutel und dem umgebenden Bindegewebe, welche eine systolische Locomotion des Herzens unmöglich macht, findet sich anstatt des Herzstosses nur eine systolische Einziehung der Herzstossgegend (Skoda). In der Diastole tritt dann, gewissermassen als diastolischer Herzstoss, der betreffende Theil der Brustwand wieder hervor.

Pathologische Herzstoss-curven.

In bester Weise erlangt man Aufschluss über etwaige Veränderungen des Herzstosses bei Functionsanomalien des Herzens durch die Verzeichnung der Herzstosscurven.

In allen diesen Curven bezeichnet a b die Vorhofscontraction, b c die der Ventrikel, d den Schluss der Semilunarklappen der Aorta, e den der Pulmonalis, e f die Zeit der Erschlaffung der Ventrikel.

Fig. 18.



Verschiedene Formen pathologischer Herzstosscurven.

Bei excentrischer Hypertrophie des linken Ventrikels.

An der bei bedeutender Hypertrophie und Dilatation des linken Ventrikels (hier verkleinert) verzeichneten Curven (P) ist in der Regel die Ventrikelcontraction sehr gross b c, trotzdem aber ist die Zeit, welche die sehr vergrösserte Muskelmasse der Kammern zur Contraction gebraucht, nicht wesentlich länger, als die, welche der normale einnimmt. Die Curven P und Q sind gezeichnet von einem Manne, der excentrische hochgradige Hypertrophie des linken Ventrikels in Folge von Insufficienz der Semilunarklappen der Aorta besass. Die Curve Q ist absichtlich an der Stelle (in der Nähe der Herzgrube) aufgenommen, an welcher eine systolische Einziehung bestand. Trotz der veränderten Lage der einzelnen Curvenabschnitte sind die einzelnen Momente der Herzaction wohl an denselben ausgeprägt.

Bei Stenose des Aorta-ostiums.

Figur E zeigt ein Bild des Herzstosses bei Stenose des Aortenostiums. Die Vorhofscontraction (a b) dauert nur kurze Zeit, die Ventrikelcontraction ist ersichtlich verlängert, und zeigt nach kurzer Anhebung (b c) eine ganze Reihe von Zähnchen (c e), welche durch das Hindurchpressen der Blutmasse durch den verengten und rauhen Aortenanfang bewirkt sind.

Bei Insufficienz der Mitralis.

Figur F bietet das Bild des Herzstosses bei Insufficienz der Mitralis; a b ist wegen der verstärkten Thätigheit des linken Vorhofes stark ausgeprägt, der von dem Aortaklappenschluss herrührende Stoss (d) ist klein, wegen der geringen Spannung im arteriellen System. Dahingegen steht als ein mächtiger Accent der Stoss des verstärkten zweiten Pulmonaltones (e) hoch oben auf dem Gipfel der Curve. Durch starke Spannung in der Arteria pulmonalis kann der zweite Pulmonalton so stark werden und sich so schnell dem zweiten Aortentone (d) anreihen, dass beide beinahe oder völlig in einander übergehen (H und K).

Bei Stenose des linken venösen Ostiums.

Die Curve von der Stenose des linken venösen Ostiums (g) lässt zunächst eine lange, unregelmässig gezähnte Vorhofscontraction (a b) erkennen. Diese rührt daher, dass sich das Blut unter Erschütterung durch das enge Ostium reibend hindurch zwängen muss. Die Ventrikelcontraction (b c) ist wegen der geringen Füllung desselben nur schwach. Die beiden Klappenschlüsse d und e sind relativ weit von einander entfernt, und das Ohr vernimmt deutlich einen verdoppelten zweiten Herzton. Die Aortenklappen schliessen sich schnell, weil die Aorta nur wenig gespeist wird, die reichlichere Einströmung des Blutes in die Pulmonalis bedingt dagegen einen verspäteten Pulmonalklappenschluss (Geigel).

Bei Herzschwäche.

Schlägt das Herz schnell und schwach bei nur geringer Spannung in der Aorta und Pulmonalis, so können die Zeichen der Klappenschlüsse in den letzteren sogar ganz verwischt werden, wie in Curve L, die von einem Mädchen herrührt, welches an nervösem Herzklopfen litt bei Morbus Basedowii.

Intermittirende Hemisystolie.

In sehr seltenen Fällen hat man bei Insufficienz der Mitralis die Beobachtung gemacht, dass sich das Herz so zusammenzieht, dass in gewissen Zeiten alternirend einmal beide Ventrikel gemeinsam, und dann nur der rechte allein sich zusammenzieht. Die Curve M zeigt uns nach Malbranc eine derartige registrirte Herzaction, der dafür den passenden Namen der intermittirenden Hemisystolie vorgeschlagen hat.

Die erste Curve (I) ist die völlig wie normal erscheinende Herzstosscurve, während welcher das ganze Herz thätig war. Diesem Herzstosse entsprach ein Puls in den Arterien. Die Curve II hingegen ist nur vom rechten Herzen gezeichnet; dem entsprechend fehlt an ihr der Aortenklappenschluss (d), auch entsprach dieser Contraction kein Puls in den Arterien. Die betreffende Person hatte wegen Insufficienz der Tricuspidalis einen Venenpuls, der natürlich für jeden Herzstoss erfolgte, so dass abwechselnd Arterienpuls und Venenpuls zusammen, und dann wieder allein der Venenpuls schlug.

In diesen Fällen (Skoda, v. Bamberger, Leyden) handelt es sich um eine Insufficienz der Mitralis, bei welcher der rechte Ventrikel sehr mit Blut überfüllt, der linke sehr leer ist, so dass der rechte einer häufigeren Thätigkeit zur Entleerung bedarf, als der linke.

Ich glaube bei dieser Gelegenheit, obschon ich selbst keinen Fall der Art gesehen habe, darauf aufmerksam machen zu müssen, dass man sich die Sache denn doch nicht so denken darf, als arbeite in den betreffenden Phasen der rechte Ventrikel ganz allein, ohne jede gleiche Parallelaction des linken. Das halte ich schon wegen der gemeinsamen Anordnung der Musculatur an beiden Ventrikeln und der gleichfalls gemeinsamen Innervation für unmöglich. Ich glaube vielmehr, dass das scheinbare Rasten des linken Ventrikels nur eine sehr schwache Action ist, zu unkräftig, um sich in der Herzstosscurve durch Aortenklappenschluss und durch einen Pulsschlag auszuzeichnen. Bei der geringen Füllung des linken Ventrikels wird das meiste Blut eben rückwärts in den Vorhof regurgitiren, so dass nur sehr wenig für Speisung des Aortensystemes übrig bleibt.

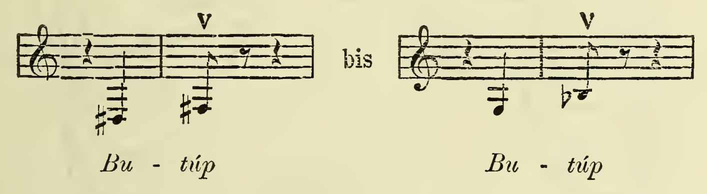
60. Die Herztöne.

Die Herztöne werden in der Herzgegend vernommen.

Wenn man bei einem gesunden Menschen die Herzgegend entweder mit direkt dem Brustkasten aufgelegtem Ohre, oder mit dem Hörrohre behorcht (oder bei Thieren selbst das freigelegte Herz), so vernimmt man unschwer zwei nur entfernt tonartig charakterisirte Geräusche, die man jedoch im Gegensatze zu den pathologischen Herzgeräuschen mit dem Namen „Herztöne“ bezeichnet hat. Schon Harvey kannte dieselben, jedoch sind sie seit Laennec am genauesten von den Klinikern untersucht worden. Wegen ihrer wenigstens einigermassen tonartigen Färbung, hat man dieselben rücksichtlich ihrer Höhe musikalisch bestimmen können (Küchenmeister).

Charakter derselben.

Der erste der Töne ist etwas dumpfer, länger, um eine kleine Terz bis Quart tiefer, zwischen dis — g schwankend, namentlich im Beginne wenig scharf begrenzt, isochron mit der Systole der Kammern (Turner): dies ist der erste Herzton. Der andere, der zweite Herzton genannt, ist heller, klappend, kürzer, daher auch prägnanter hervortretend, um eine kleine Terz bis Quart höher, zwischen fis — b variirend, sehr scharf abgegrenzt, isochron mit dem Schlusse der Semilunarklappen. Zwischen dem ersten und zweiten Ton liegt ein kurzes Zeitintervall, zwischen dem zweiten und dem nächstfolgenden ersten ein entschieden längerer Zwischenraum. Nach dem Tempo erscheint der erste Ton wie ein Auftakt zum zweiten, welchem letzteren nun die Pause folgt. Es würden sich hiernach die Verhältnisse der Schwingungszahlen und des Rhythmus also ausdrücken lassen:



Entstehungs-Ursache des ersten Tones.

Die Ursache des ersten Herztones liegt in zwei Momenten. Da derselbe auch an ausgeschnittenen Herzen, in denen die venösen Klappen an ihrer Aufblähung und Spannung verhindert sind, (wenn auch schwach) gehört wird, ferner auch dann, wenn der in das venöse Ostium eingeführte Finger die Bewegung und den Schluss der Klappen hindert (C. Ludwig und Dogiel), so ist sein Hauptentstehungsmoment zu suchen in dem durch die sich contrahirenden Muskelfasern der Ventrikel hervorgerufenen „Muskelgeräusch“ (Williams 1835) (siehe Phys. der Muskeln).

Der 1. Ton ist vornehmlich Muskelton.

Die Schwingungen der venösen Klappen verstärken ihn.

Unterstützt und verstärkt wird dieses Geräusch durch die im Momente der Ventrikelcontraction entstehende Spannung

und Schwingungen der Atrioventricularklappen (Kiwisch) und ihrer Sehnenfäden.

Wintrich hat vermittelst passender Resonatoren beide Töne von einander unterscheiden können, den helleren kürzeren Klappenton, sowie das tiefere längere Muskelgeräusch.

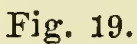


Fig. 19.

Topographie des Brustkorbes und der Brusteingeweide.
a. d. Atrium dextrum. — *o. s.* auricula sinistra. — *v. d.* ventriculus dexter. — *I* ventriculus sinister mit I_1 der Herzspitze. — *A* Aorta; — *II* Arteria pulmonalis; — *C* cava superior. — *LL* Begrenzung der Lungen. — *PP* Begrenzung der Pleura parietalis (nach Luschka und v. Dusch).

Vergleich der Muskelzuckung mit der Ventrikelzuckung als Schallquelle.

In quergestreiften Muskeln entsteht das Muskelgeräusch nicht bei einer Zuckung, sondern nur wenn mehrere zu einem Tetanus an einander gereiht sind. Nun ist die Ventrikelcontraction eigentlich nur eine Zuckung, allein sie dauert wesentlich länger als die Zuckung anderer Muskeln, und hierin liegt wohl offenbar der Grund des Auftretens des Muskelgeräusches bei der Ventrikelzuckung.

In Zuständen (Typhus, Herzverfettung), in denen die Musculatur des Herzens sehr geschwächt ist, kann der erste Herzton völlig unhörbar werden. Bei der Insufficienz der Aortaklappen, bei welcher wegen des Rückströmens des Blutes aus der Aorta in den Ventrikel sich die Mitralis allmählich und schon eher spannt, als die Systole des Ventrikels beginnt, fehlt ebenso nicht selten der erste Herzton. Beide pathologischen Fälle beweisen, dass zur Entstehung des ersten Herztones eventuell Muskelton und Klappenton zusammenwirken müssen, und dass mit dem Wegfall des einen derselbe bereits unhörbar werden kann.

Fehlen des 1. Tones bei Leiden des Herzmuskels.

Fehlen des 1. Tones bei Aenderung der Spannung der Mitralis.

Die Ursache des zweiten Herztones liegt zweifellos in dem prompten Schluss der Semilunarklappen, er ist also ein reiner Ventil- oder Klappenton (Carswell, Rouanet 1830). Vielleicht unterstützt ihn die plötzliche Erschütterung der Flüssigkeitstheilchen in den grossen arteriellen Gefässen. Ich habe aus den Herzstosscurven des Gesunden bewiesen, dass die Semilunarklappen der Aorta und Pulmonalis nicht gleichzeitig schliessen (pg. 93). Für gewöhnlich ist aber die Zeitdifferenz so gering, dass beide Klappenschläge nur ein Geräusch erzeugen; dahingegen kann leicht, wenn durch Steigerung der Druckdifferenz in der Aorta und Pulmonalis der Zwischenraum grösser wird, der zweite Ton ein vernehmbar „gespaltener" werden. So kann es auch bei ganz Gesunden vorkommen; wie man es namentlich am Ende der Inspiration oder Anfang der Exspiration treffen soll (v. Dusch).

Der 2. Herzton entsteht durch Schwingungen der Semilunarklappen.

Die Klappen der Aorta und Pulmonalis schliessen nicht gleichzeitig.

Normale „Spaltung" des 2. Tones.

Ueber den Ort, wo man am deutlichsten die Herztöne auscultirt, lässt sich der nur im Allgemeinen giltige Satz aussprechen, dass dieselben an jenen Stellen der Brustwand am deutlichsten vernommen werden, in deren nächster Nähe sie entstehen.

Ort der Auscultation der Herztöne.

Der am rechten venösen Ostium erzeugte erste Klappenton wird am deutlichsten vernommen am Ansatze der fünften rechten Rippe am Sternum, und von hier etwas ein- und schräg aufwärts am Sternum (bei 1). — Da das linke venöse Ostium mehr nach hinten in die Tiefe des Thorax gewendet und vorn von den arteriellen Ostien bedeckt liegt, so hört man den ersten Klappenton der Mitralis am besten an der Herzspitze, oder dicht über derselben, wo ein Streifen des linken Ventrikels der Brustwand zunächst liegt (bei I, I). Die Ostien der Aorta und Pulmonalis liegen so dicht neben einander, dass man gut thut, den zweiten (Aorten-) Herzton in der verlängerten Richtung der Aorta, d. h. am rechten Brustbeinrande, am inneren Ende des Knorpels der ersten rechten Rippe (bei 2) zu auscultiren. Den zweiten (Pulmonalis-) Herzton trifft man am deutlichsten im zweiten linken Intercostalraum etwas nach links und aussen vom Brustbeinrande (bei II).

Trikuspidalton.

Mitralton.

2. Aortaton.

2. Pulmonalton.

61. Abweichungen an den Herztönen.

Eine Verstärkung des ersten Herztones an den beiden Ventrikeln deutet auf eine energischere Contraction der Ventrikelmuskulatur und eine gleichzeitig damit erfolgende stärkere plötzliche Spannung der Atrioventricularklappen. Eine Verstärkung des zweiten Tones ist das Zeichen einer erhöhten Spannung im Innern der betreffenden grossen Arterien. Daher deutet denn die diagnostisch so hochwichtige Verstärkung des zweiten Pulmonaltones stets auf eine Ueberfüllung und übermässige Spannung im kleinen Kreislauf.

Verstärkung des ersten und des 2. Tones.

Eine matte geschwächte Herzaction, sowie abnorme Blutleere bedingen schwache Herztöne; dies ist namentlich auch der Fall bei krankhaften Entartungen des Herzfleisches. Die Ursache der Schwäche einzelner Herztöne ist aus dem Vorgesagten zu deduciren.

Schwächung der Herztöne.

„Unreine“ Herztöne.

Ungleichmässigkeiten im Bau der einzelnen Klappen können die Herztöne durch ungleichmässige Schwingungen „unrein“ machen. Befinden sich in nächster Nähe des Herzens luftgefüllte (pathologische) Hohlräume, welche durch Resonanz die Herztöne verstärken können, so nehmen dieselben oftmals einen metallisch klingenden Charakter an. Sowohl der erste, als auch der zweite Herzton können verdoppelt oder gespalten gehört werden. Die Verdoppelung des ersten Tones ist so zu erklären, dass die Spannung der Tricuspidalis und Mitralis nicht zu gleicher Zeit erfolgt. Mitunter kann man auch von der Contraction stark entwickelter Vorhöfe einen Ton hören, der präsystolisch dem ersten Herztone vorausgeht. Da der Schluss der Aortaklappen und Pulmonalklappen zeitlich nie genau coincidirt, so ist ein gespaltener zweiter Ton nur eine Steigerung physiologischer Verhältnisse (Landois). Alle Momente, welche den Aortenklappenschluss schnell erfolgen lassen (geringer Blutgehalt des linken Ventrikels) und den Pulmonalklappenschluss später eintreten machen (grosser Blutgehalt des rechten Ventrikels; beide Momente zusammen bei der Stenose des linken venösen Ostiums) werden den gespaltenen zweiten Ton befördern.

Klingen desselben. Verdoppelung und Spaltung.

Herzgeräusche.

Befinden sich im Herzen an den Klappen entweder bei Stenosen oder Insufficienzen Unregelmässigkeiten, an denen der Blutstrom zu wirbelnden Oscillationen und Reibungen gezwungen wird, so entstehen anstatt der Herztöne die Geräusche, also Flüssigkeitsgeräusche, die unter den genannten Klappenverhältnissen stets mit Störungen der Circulation einhergehen. Selten nur bewirken in die Ventrikel hineinragende Auflagerungen oder Tumoren Geräusche, ohne gleichzeitige Klappenläsion und Circulationsstörungen. Die Herzgeräusche sind stets an die Systole oder an die Diastole gebunden, meist sind die systolischen accentuirter und lauter. Mitunter sind sie so laut, dass sogar der Thorax unter ihren unregelmässigen Oscillationen erzittert („Katzenschnurren“, fremissement cataire).

Diastolische Geräusche. Systolische Geräusche.

Den diastolischen Geräuschen liegen stets anatomische Veränderungen des Herzmechanismus zu Grunde. Diese sind Insufficienz der arteriellen Klappen oder Stenosen der venösen Ostien (meist nur links). Den systolischen braucht nicht immer eine Störung im Herzmechanismus zu Grunde zu liegen. Im linken Herzen können systolische Geräusche entstehen durch Insufficienz der Mitralis, Stenose des Aortenostiums, ferner Verkalkungen oder abnorme Erweiterungen an der Aorta ascendens. Die viel selteneren im rechten Herzen haben ihre Ursache in der Insufficienz der Tricuspidalis und in Stenose des Pulmonalisostiums.

Systolische Geräusche ohne Herzfehler.

Systolische Geräusche finden sich jedoch auch oft, jedoch stets weniger laut, auch ohne Klappenfehler, bedingt durch abnorme Schwingungen der Klappen oder Arterienwandungen. Meist finden sie sich am Pulmonalisostium, dann an der Mitralis, seltener am Aortenostium oder an der Tricuspidalis. Anämie, allgemeine schlechte Ernährung, sowie acute fieberhafte Affectionen sind die Ursachen dieser Geräusche.

Perikardiale Geräusche.

Geräusche am Herzen entstehen mitunter auch, wenn durch Entzündung rauhe Flächen des Perikardiums hörbare oder sogar fühlbare Reibungen gegen einander machen (Reibungsgeräusche).

62. Dauer der Herzbewegung.

Schlag ausgeschnittener Herzen.

Dass das ausgeschnittene Herz noch eine Weile selbstständig fortschlage, war schon dem Cleanthes (zur Zeit des Herophilus 300 v. Chr.) bekannt. Bei Kaltblütern (Frosch) dauert diese Bewegung länger, selbst Tage lang, bei Warmblütern sehr viel kürzer. Reizungen bringen in diesem Zustande eine Verstärkung und Beschleunigung hervor. Weiterhin wird zuerst die Kammeraction geschwächt, und es zeigt sich ferner, dass nicht jeder Vorhofscontraction eine Kammersystole folgt, auf zwei oder mehrere der ersteren folgt

Schwächung der Kammern.

nur eine schwächere Ventrikelbewegung. Dabei ist die seltenere Bewegung der Kammern zugleich auch eine langsamer sich vollziehende, gewissermassen mühsam schleppende (siehe Figur 16). Dann ruhen die Kammern völlig, nur die Vorhöfe schlagen noch schwächer weiter; doch ruft eine directe Kammerreizung, etwa ein Stich, eine Systole derselben hervor. In weiterem Verlaufe ruht dann der linke Vorhof; der rechte schlägt noch weiter und an ihm ist es wiederum das rechte Herzohr, welches (wie schon Cardanus 1550 angibt) am längsten schlägt.

Der rechte Vorhof schlägt am längsten.

Auch bei Hingerichteten ist diese Thatsache beobachtet. Ruht das Herz endlich völlig, so kann es noch für kurze Zeit durch directe Reize angeregt werden (Harvey), namentlich durch Wärme; vornehmlich reagiren auch hierauf zuletzt noch die Vorhöfe und Herzohren. Im Allgemeinen bringen directe Herzreizungen nach vorübergehender grösserer Thätigkeit das Herz um so schneller zur Ruhe; hierbei geht dem Erlöschen der geordneten Schlagfolge oft ein zitterndes Gewoge der Muskelzüge voraus. Hat bei Säugern die Reizbarkeit des Herzens aufgehört, so kann sie wieder vorübergehend reizbar gemacht werden durch Einspritzung von arteriellem Blute in die Coronargefässe (C. Ludwig). — Umgekehrt hat Verstopfung dieser Gefässe Schwächung des Herzschlages zur Folge. Hammer sah bei einem Menschen mit Verstopfung der linken Arterie den Puls von 80 auf 8 Schläge sinken, die von einem krampfhaften Schwirren unterbrochen waren. — Da das Herz während seiner Thätigkeit O verbraucht und CO_2 ausscheidet, so ist es einleuchtend, dass es in reinem O am längsten schlägt (Castell), weniger lang in N, — H, — CO_2, — H_2S — oder im Vacuum (Boyle 1670, Fontana, Tiedemann 1847), selbst wenn in demselben, um die Vertrocknung zu verhindern, Wasserdämpfe entwickelt sind (Castell 1854); Zurückbringen des ruhenden Herzens von hier in O-haltige Luft, facht auf's Neue die Bewegungen an. — Das zur Ruhe eingegangene Herz reagirt auf elektrischen Reiz durch eine Contraction und zwar nicht länger, als andere Muskeln (Budge).

Anfachung der erloschenen Thätigkeit.

Herzschlag in Gasen und im Vacuum.

63. Die Herznerven.

Der Plexus cardiacus setzt sich aus folgenden Nerven zusammen: 1. Aus den rami cardiaci des n. vagus-Stammes; dazu der Ast gleichen Namens aus dem ram. externus des n. laryngeus superior, des inferior, mitunter auch des plex. pulmonalis vom Vagus (zahlreicher rechts als links). — 2. Aus den (an Zahl und Stärke nicht selten wechselnden) ram. cardiacus superior, medius, inferior und imus, aus den 3 Halsganglien und dem ersten Brustganglion des N. sympathicus. — 3. Aus dem unbeständigen Ast des ram. descendens hypoglossi, der indess eigentlich dem oberen Halsganglion entstammen soll (Luschka). Aus dem Geflechte gehen hervor: die tiefen und die oberflächlichen Nerven (die letzteren in der Regel an der Theilung der

Bezugsquellen des Herzgeflechtes.

Pulmonalis unter dem Aortenbogen ein Ganglion enthaltend). Im Einzelnen kann man aus dem Geflechte hervorgehend verfolgen:

Das Kranzadergeflecht.

a) Den Plexus coronarius dexter und sinister (Scarpa), der sowohl die Vasomotoren dieser Gefässe enthält (über welche jedoch physiologisch noch die Erfahrungen fehlen) — als auch von ihm abgehende abwärts (zum Perikardium?) ziehende (sensible?) Fasern.

Die eigentlichen Herznerven.

b) Die in der Herzsubstanz und in den Furchen liegenden Nerven, welche reichlich mit den Ganglien (Remak) versehen sind, die man als die automatischen Bewegungscentren des Herzens anerkennt. Ein ganglienreicher Nervenring streicht im Herzen dem Rande des Septum atriorum entsprechend, — ein anderer in der Atrioventrikulargrenze. Wo beide sich treffen, tauschen sie Fasern aus. Die Ganglien liegen meist nahe unter dem Perikard. Bei Säugern liegen die beiden grösseren Ganglien nahe der Einmündung der oberen Hohlvene, — bei Vögeln liegt der grösste (Tausende von Ganglien enthaltende) Nervenknoten an der hinteren Kreuzungsstelle des Sulcus longitudinalis und transversalis. Von diesen mit Nervenknoten durchsetzten Ringen bohren sich nun in die Muskelwände der Vorkammern und Kammern feinere Nervenästchen ein, welche auch ihrerseits wiederum kleine Ganglien tragen.

Beim Frosche liegt ein grosser Ganglienhaufen (Remak's Haufen) innerhalb der Wand des Hohlvenensinus (dem erweiterten Einmündungsende der Hohlvenen in den rechten Vorhof, dessen selbstständige Bewegung der der Vorhöfe voraufgeht), — ein zweiter (Bidder's Haufen) an der Atrioventriculargrenze.

Mikroskopie der Herznerven.

Mikroskopisch erweisen sich die Nervenfasern theils als markhaltige, theils als marklose. — Wie sich die sympathischen (Kölliker) oder die Vagusfasern (Bidder) mit den Ganglienzellen verbinden, ist noch unaufgeklärt. — In die Muskulatur dringen weiterhin nur marklose motorische Fasern, die wie an den glatten Muskelfasern endigen. — Ein Flechtwerk feinster ganglienloser Nervenfasern verbreitet sich unmittelbar unter dem Endokardium; es sind dies theils centripetal auf die Ganglien wirkende, theils motorische für die Endokardmuskeln bestimmte Fasern. — Auch das parietale Blatt des Perikards besitzt (sensible) Nervenfasern. — Unter den Ganglienzellen trifft man 1. bipolare, — 2. beim Frosche in der Mehrzahl Ganglien mit umsponnenen Fasern; man hat wohl die Spiralfasern als die mit dem Vagus zusammenhängenden, die geraden als die peripherisch weitergehenden betrachtet. 3. In der Vorhofsscheidewand fand Bidder sogenannte Ganglien in opponirter Stellung, d. h. je 2 unipolare keulenförmige Ganglien, deren Körper auf einander liegen, und deren Fortsätze in entgegengesetzter Richtung fortziehen.

64. Die automatischen Bewegungscentra des Herzens.

Das Herz enthält in sich selbst die Bewegungscentra.

1. Wir müssen annehmen, dass innerhalb des Herzens selbst die die Bewegung desselben anregenden nervösen Centra belegen seien, welche wahrscheinlich in den Ganglien repräsentirt sind.

2. Man ist ferner anzunehmen berechtigt, dass nicht ein, sondern mehrere derartige Centra im Herzen vorhanden seien, die unter einander durch Leitungsbahnen verbunden sind. So lange das Herz intact ist, werden von einem Hauptcentralpunkte aus alle übrigen in ganz bestimmter Ordnung zur rhythmischen Thätigkeit angefacht, indem sich der Impuls durch die Leitungsbahnen vom Hauptcentrum überträgt (Donders). Welches die auslösenden Kräfte dieser regelmässigen fortschreitenden Bewegungen sind, ist unbekannt. Werden jedoch auf das Herz diffuse Reize (am einfachsten starke elektrische Ströme) angewandt, so verfallen alle Centra in Action und es entsteht im Herzen ein krampfhaftes Gewoge, jeder Rhythmik baar. Das dominirende Centrum liegt in den Vorhöfen, daher von hier aus in der Regel die regelmässig fortschreitenden Bewegungen ausgehen. Wird die Reizbarkeit herabgesetzt (durch Betupfen des Septums mit Opium (Ludwig, Hoffa), so scheint ein anderer Bezirk der Centra die Oberleitung zu gewinnen; es kann nämlich dann auch vom Ventrikel aus sich die Bewegung auf die Vorhöfe erstrecken. — Wird ein Herz derart in Stücke geschnitten, dass die einzelnen Stücke noch vereinigt bleiben, so halten die regelmässigen, vom Vorhofe ausgehenden und peristaltisch oder wellenförmig auf die Ventrikel sich fortsetzenden Contractionen noch lange Zeit an (Donders, Engelmann). Wird jedoch das Herz in zwei einzelne Stücke (Kammer und Vorkammer) völlig getrennt, so dauern zwar die Bewegungen beider für sich weiter fort, allein nicht mehr in geordneter Zeitfolge, sondern völlig different.

3. Alle Reize von mässiger Stärke, welche direct das Herz treffen, bedingen zuerst eine Vermehrung der rhythmischen Herzschläge, stärkere bedingen weiterhin Verminderung bis Lähmung, oft unter vorher auftretendem krampfhaften Gewoge. Eine vermehrte Thätigkeit des Herzens erschöpft um so eher die Kräfte desselben.

4. Die Centra der Vorhöfe sind reizbarer, als die der Ventrikel, daher dieselben auch in dem sich selbst überlassenen Herzen am längsten schlagen.

5. Eine (wie es scheint reflectorische) Anregung der Herzcentra ist von der inneren Herzfläche aus gegeben. Alle schwächeren Reize wirken von hier aus lebhafter beschleunigend, anregend, und schon bei geringeren Reizstärken als von der äusseren Herzfläche aus (Landois 1864); stärkere Reize, welche das Herz zur Ruhe bringen, wirken ebenso leichter von

der inneren Herzfläche, als von der äusseren (Henry 1832); auch hierbei ist stets der Kammertheil der zuerst paralysirte.

Die Hauptversuche, welche den vorbenannten Sätzen zur Stütze dienen, bestehen 1. in Schnittversuchen, 2. in directen Herzreizungen.

Die Schnittversuche am Herzen.

1. Die Schnitt- oder Abschnürungsversuche am Herzen. Die hier in Betracht kommenden Versuche sind vorwiegend am Froschherzen angestellt. Die Abschnürungsversuche unterscheiden sich von den Schnittversuchen dadurch, dass durch festes Anziehen und Wiederlockerung einer Fadenschlinge der physiologische Zusammenhang vernichtet ist, während noch der anatomische oder mechanische (Continuität der Herzwandung, Intactheit der Herzcavitäten) bestehen bleibt. — Der wichtigste hierher gehörige Versuch ist zunächst der

Der Stannius'sche Versuch.

Stannius'sche Versuch: Trennt man durch Schnitt oder Ligatur am Froschherzen den Hohlvenensinus von der Vorkammer, so steht sofort für immer das abgetrennte Herz in Diastole still, während der Sinus für sich allein fortschlägt. Wird nunmehr an der Atrioventrikulargrenze eine zweite Durchtrennung vorgenommen, so schlägt in der Regel nunmehr sofort der Ventrikel wieder weiter, während die Vorhöfe in der diastolischen Ruhe verharren (je nach Lage der zweiten Durchtrennungslinie können auch die Vorhöfe ebenfalls mitschlagen, oder gar die Vorhöfe allein, während der Ventrikel ruhen bleibt).

Erklärung desselben.

Es sind verschiedene Interpretationen dieses Versuches versucht: a) Es befindet sich in dem Hohlvenensinus der Remak'sche Haufen, der sich durch die grösste Reizbarkeit auszeichnet; eine nur geringe Reizbarkeit hat der an der Atrioventrikulargrenze liegende Bidder'sche Haufen; letzterem werden die Bewegungsimpulse im normalen Herzen vom ersteren mit zugebracht. Trenne ich nun den Hohlvenensinus ab, so ist der anregende Remak'sche Haufen ohne Einfluss auf das Herz. Letzteres steht aus zwei Gründen still, nämlich einmal, weil der Bidder'sche Haufen für sich allein keine bewegungsanregende Kraft für das Herz in hinreichender Menge besitzt, dann aber, weil die Abtrennung die an dieser Stelle liegenden Hemmungsnerven des Herzens (N. vagus) reizt (Heidenhain). An dem so ruhenden Herzen kann jedoch durch Reizung des Bidder'schen Haufens (leichter Stich in die Atrioventrikulargrenze, H. Munk, oder Durchströmung mit mässig starken constanten Strömen, Eckhard) Pulsation erzeugt werden, wobei zuweilen der Schlag der Kammer dem der Vorkammer vorausgeht (v. Bezold, Bernstein). — Wird nunmehr die Atrioventrikulargrenze durchtrennt, so pulsirt der Ventrikel deshalb wieder, weil einmal nun durch diese Abtrennung der Bidder'sche Haufen gereizt wird, und zugleich die Kammer dem Einflusse des durch die erste Trennung gereizten Vagus entzogen ist. (Fällt die Trennung an der Atrioventrikulargrenze so, dass der Bidder'sche Haufen den Vorhöfen verbleibt, so pulsiren diese, und die Kammer ruht; wird er in zwei Hälften zerlegt, so schlagen die Vorhöfe und die Kammer, jede durch die ihr zugefallene Hälfte angeregt.) — b) Nach einer anderen Interpretation sollen im Herzen der Remak'sche (a) und Bidder'sche (b) Haufen beide Bewegungscentra sein; ausserdem soll in den Vorhöfen noch ein Hemmungsgangliensystem (c) sich befinden (Bezold, Traube). Im normalen Verhalten ist a + b stärker als c, jedoch c stärker als a oder b einzeln für sich. Wird nun der Hohlvenensinus abgetrennt, so schlägt dieser vermöge a; — hingegen das Herz ruht, weil c stärker als b. Wird nun die Atrioventrikulargrenze durchtrennt, so ruhen die Vorhöfe vermöge c, hingegen der Ventrikel schlägt durch b.

Wird durch Ligatur oder Schnitt am Froschherzen allein der Ventrikel in der Atrioventrikularfurche abgetrennt, so pulsiren Sinus und Atrien ungestört weiter (Descartes 1644), aber der Ventrikel pulsirt entschieden seltener; mitunter kommt er sogar zur diastolischen Ruhe. Angebrachte Localreize in der Kammer bringen nun in der Regel eine Reihe rhythmischer Contractionen hervor.

Von besonderem Interesse sind neuerdings die Schnittversuche, namentlich von Engelmann, geworden. Wird das Herz (etwa durch Zickzackschnitte) so in Streifchen zerschnitten, dass die einzelnen Stückchen noch durch Muskelsubstanz mit einander in Verbindung erhalten sind, so pulsiren die Streifen in regelmässig fortschreitender Folge, wie auch immer durch die Richtung der Schnitte die Streifen mit einander verbunden sein mögen. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit beträgt hierbei 10—30 Mm. in 1 Sec. Hieraus folgt, dass die Fortleitung des die Contraction anregenden fortschreitenden Reizes nicht durch Nervenbahnen (die überdies von den Ganglien aus- und zu den Muskeln hingehend nicht nachgewiesen sind), sondern durch die Substanz der contractilen Masse hindurch erfolgen muss.

Die abgeschnürte Herzspitze nimmt an der Contraction des weiter pulsirenden Herzens nicht mehr Theil (Heidenhain, Goltz); directer Reiz, z. B. ein Stich in die Spitze, bewirkt nur eine einmalige Contraction. — Bindet man eine Canule über die Atrioventrikulargrenze hinaus gegen die Spitze hin in den Ventrikel, so steht ebenso die Spitze still; füllt man jedoch nun den Spitzentheil durch die Canule mit O-haltigem Blute unter stetigem Drucke, so pulsirt dieselbe (Ludwig und Merunowicz).

Liegt die Ligaturstelle im Bereiche der Vorhöfe, so erfolgen die Pulsationen des Herzens periodenweise abgetheilt, und in ihrer Stärke oft treppenartig ansteigend (Ludwig und Luciani).

Die abgeschnittene (ebenfalls spontan ruhende, Volkmann) Herzspitze zeigt, durch Inductionsströme gereizt, schon bei schwächster wirksamer Reizung bereits ihre maximalste Verkürzung; auch soll bei Anwendung tetanisirender Ströme ein eigentlicher Tetanus ausbleiben. Schliessung und Oeffnung eines constanten Stromes an der abgeschnittenen Herzspitze hat einfache Schliessungs- und Oeffnungszuckung zur Folge.

Die directen Herzreizungen.

2. Die directe Herzreizung. Alle directen Herzreize wirken von der inneren Herzfläche entschieden energischer, als von der äusseren; — bei starken oder andauernden Reizen erlahmt stets zuerst der Kammertheil.

Wärmereizung.

a) Thermische Reize. Descartes (1644) beobachtete bereits, dass die Wärme das Herz des Aales zur vermehrten Pulsation anrege; Al. v. Humboldt sah Froschherzen in lauwarmen Flüssigkeiten von 12 bis zu 40 Schlägen angeregt. Dieser Forscher erklärte auch die oft bedeutend gesteigerte Pulsfrequenz in heissen Medien (beim Menschen) durch analoge Wirkung auf das Herz. Mit zunehmender Temperatur steigt zuerst die Schlagfolge oft bis zu bedeutender Zahl, dann werden die Schläge wieder seltener, endlich erfolgt Stillstand, wobei die Muskulatur zusammengezogen erscheint, meist ruht der Kammertheil eher als die Vorkammern, mitunter nach einem tetanischem Gewoge. Schon

von 25° C. an gelangt das (in Wasser untergetauchte unterbundene) Herz des Frosches zur baldigen Ruhe und verbleibt ruhend, wenn es in dieser Temperatur erhalten wird. Bis zu 38° C. sah ich es schnell herausgenommen sich wieder erholen. Die innere Herzfläche reagirt für alle Temperaturgrade entschieden eher, als die äussere. Wird das zur Ruhe gekommene Herz aus dem warmen Wasser herausgenommen, so schlägt es nach einer (mitunter von einem oder anderen Schlage unterbrochenen) Pause zuerst wieder sehr schnell, dann allmählich abnehmend bis zur normalen Schlagfolge (Landois 1864). Lässt man die Wärmezunahme langsam ansteigen, so ändert sich nur die Zahl, nicht aber die Kraft der Herzschläge.

Kältereizung. Mit abnehmender Wärme der Blutmasse pulsirt das Herz langsamer (Kielmeyer 1793). Ein Froschherz zwischen 2 Uhrgläsern auf Eis gestellt verlangsamt seine Schlagfolge um ein Beträchtliches (Ludwig 1861); von 4° C. abwärts bis zu 0° hören die Pulsationen des Froschherzens auf (E. Cyon 1866).

Mechanische Reize. b) Mechanische Reize. Von Aussen auf das Herz ausgeübter Druck hat stets eine Beschleunigung der Herzaction zur Folge. — Dass auch eine Steigerung des Blutdruckes im Innern des Herzens eine ähnliche Vermehrung bewirkt und eine Abnahme des Druckes auch Abnahme der Schläge zur Folge hat, ist erwiesen. Bei sehr starkem intrakardialen Drucke wird allerdings durch Ueberreizung der Herzschlag unregelmässig und sogar seltener (Heidenhain). Das bereits ruhende Herz wird durch einen mechanischen Impuls zu einer Contraction angeregt.

Elektrische Erregung. c) Elektrische Reize. Der constante elektrische, mässig starke Strom bewirkt auf das Herz eine Vermehrung der Schlagfolge. — Starke constante Ströme, sowie tetanisirende Inductionsströme bewirken ein tetanisches Gewoge der Herzmuskulatur (Ludwig und Hoffa), wobei der Blutdruck selbstverständlich sinken muss (Sigm. Mayer). — Ein einzelner Inductionsschlag hat, wenn er den systolisch contrahirten Froschventrikel trifft, keinen ersichtlichen Einfluss, trifft er jedoch den diastolisch erschlafften, so erfolgt die nachfolgende Systole früher. Auch die Vorhöfe verhalten sich ähnlich: Während ihrer Contraction ist ein Inductionsschlag unwirksam; ruhen sie jedoch diastolisch, so bewirkt der Schlag eine Contraction, der eine Ventrikelcontraction nachfolgt (Hillebrand). Selbst starke tetanisirende Inductions-Ströme auf das Herz angebracht, vermögen keinen Tetanus der gesammten Muskulatur zu bewirken. Es entstehen nur zwischen den Elektroden locale, weisse, wulstförmige Erhabenheiten (ähnlich wie an den Darmmuskeln), die sich selbst minutenlang erhalten können. Die bereits schwach und unregelmässig gewordenen Contractionen des Froschherzens können durch elektrische in rhythmischer Folge angebrachte Reize wieder regelmässig und mit dem Rhythmus des Reizes isochron werden (Bowditsch). Hierbei wirken bereits die schwächsten Reize (die überhaupt noch wirksam sind), ähnlich wie die stärksten, die Herzcontraction ist bereits beim schwächsten Reiz die möglichst kräftigste. Es ist daher dieser minimale elektrische Herzreiz bereits wie ein maximaler wirksam (Kronecker).

Chemische Reize. d) Chemische Reize. Viele chemische Agentien wirken, namentlich von der inneren Herzfläche aus, im verdünnten Zustande schlagvermehrend, im concentrirten oder bei längerer Einwirkung schlagvermindernd und lähmend. Galle (Budge) und gallensaure Salze (Röhrig) vermindern den Herzschlag (auch bei Resorption der Galle in's Blut bei der Gelbsucht); in sehr verdünnter Lösung beschleunigen jedoch beide den Herzschlag (Landois). Aehnlich wirken Essigsäure, Weinsäure, Citronensäure (Bobrik) und Phosphorsäure (Leyden, Munk). Chloroform, Aether, wirken von der inneren Herzfläche energisch schlagvermindernd bis lähmend (Landois 1864). Opium, Strychnin, Alkohol bewirken verdünnt von der inneren Herzfläche Vermehrung der Schläge (C. Ludwig), concentrirt schnell Stillstand derselben; letzteres bewirkt auch Chloralhydrat (P. v. Rokitansky).

Herzgifte. Herzgifte nennt man solche Körper, welche durch ihre, die Bewegung des Herzens vermindernde oder vernichtende Eigenschaft besonders auffallend wirken. Sehr merkwürdig sind in dieser Beziehung die neutralen Kalisalze (Grandeau und Cl. Bernard). In geringen Dosen beschleunigen sie den Herzschlag. Gelbes Blutlaugensalz in das Herz des Frosches gespritzt, bewirkt

schon in starker Verdünnung systolischen Stillstand des Ventrikels. Tritt später durch die Vorhofsbewegung wieder Blut in die Kammer, so kann sie sich wieder an der Bewegung betheiligen. Hiebei sieht man, dass mitunter herdweise die Ventrikelmuskeln zunächst unter Röthung wieder erschlaffen. Die sehr träge Bewegung des Ventrikels erfolgt weiterhin von der Atrioventrikulargrenze peristaltisch bis zur Spitze. — Das javanische Pfeilgift Antiar bewirkt systolischen Stillstand des Kammertheils, diastolischen der Vorhöfe. Einige Herzgifte zeigen bei kleinen Dosen Verlangsamung, bei stärkeren nicht selten Beschleunigung des Schlages: Digitalis, Morphium, Nicotin, Calabar. Andere bewirken in kleinen Dosen Beschleunigung, in starken Verlangsamung: Atropin, Veratrin, Aconitin, Kampher. Muscarin bewirkt diastolischen Stillstand (Schmiedeberg), der durch Daturin oder Atropin wieder beseitigt wird.

Die peripherischen Herznerven.

Die äusseren Herznerven.

Von den zum Herzen hin und vom Herzen her zum centralen Nervensystem hinverlaufenden Nerven sind bekannt:

1. Herzschlag-beschleunigende Nervenfasern (N. accelerans cordis) aus dem Halstheil des Sympathicus.

2. Herzschlag-hemmende Nervenfasern vom N. vagus (resp. Accessorius).

3. Die sensiblen Aeste des Herzens verlaufen in der Bahn der Vagusäste zur Medulla oblongata. — Centripetalleitend ist auch der auf die Erniedrigung des Blutdruckes wirkende Ast des Herzgeflechtes N. depressor.

Ueber alle diese wird eingehend im Zusammenhang in der Nervenlehre berichtet werden.

65. Die kardiopneumatische Bewegung.

Die Füllungsgrade der blut- und lufthaltigen Organe im Thorax stehen in Wechselbeziehung.

Da das Herz im Innern des Thorax während der Systole einen kleineren Raum einnimmt als während der Diastole, so wird bei offenstehender Glottis, wenn das Herz sich verkleinert, Luft in den Thorax eindringen; wenn hingegen das Herz in diastolischer Erweiterung erschlafft, wird seiner Vergrösserung entsprechend Luft durch die geöffnete Stimmritze entweichen. Aber nicht allein der Füllungsgrad des Herzens, sondern auch der der grossen Gefässe muss von gleichem Einflusse sein. Diese Luftschwankungen innerhalb der Lungen sind bei solchen Thieren, welche während des Winterschlafes ihre Athembewegungen suspendiren, zur Unterhaltung ihres immerhin noch fortbestehenden, wenn auch minimalen Stoffwechsels, von Wichtigkeit; durch die Agitation der Lungengase wird nämlich der Austausch von CO_2 und O in der Lunge wesentlich befördert, und dieser Austausch genügt, das in sehr langsamer Strombewegung durch die Lungen sich bewegende Blut zu lüften.

Die Schüttelbewegung der Lungenluft durch das Herz befördert den respiratorischen Austausch.

Methode der Beobachtung:

Die kardiopneumatische Bewegung, d. i. die Bewegung der Athemgase abhängig von den Herz- und Gefässbewegungen lässt sich auf verschiedene Weise bei Thieren, zum Theil auch beim Menschen zur Demonstration bringen. Zunächst ist hierzu die manometrische Flamme geeignet, wenn man bei Thieren die geöffnete Luftröhre mit einem Gabelrohr in Verbindung setzt, von dem der eine Ast zum Gasschlauche, der andere zu einer kleinen Gasstichflamme führt. Es ist klar, dass, da auf diese Weise das Athmungsorgan mit der Gas-

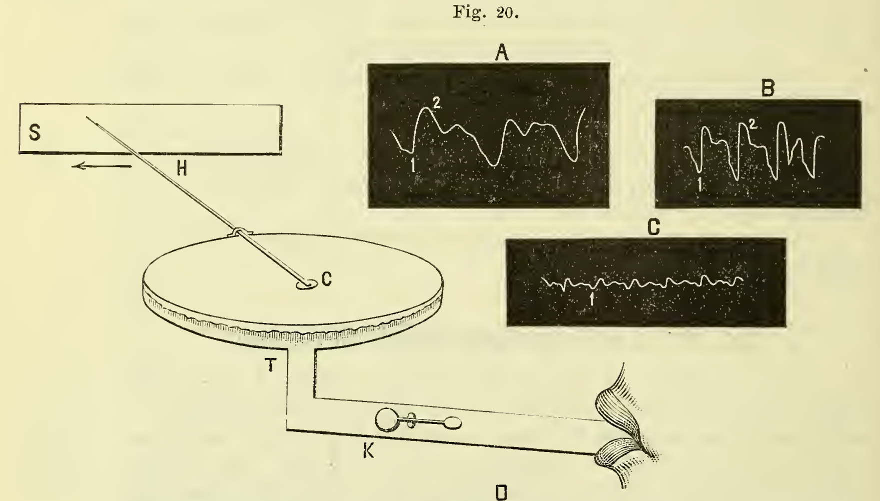
durch die manometrische Flamme,

leitung frei communicirt, die Bewegung des Herzens sich auf das Gas und somit auf die Flamme überträgt. Man nimmt am besten grosse Thiere, welche vorher curarisirt sind. Beim Menschen gelingt die analoge Uebertragung der Bewegung auf das Brenngas durch ein Nasenloch hindurch nach Verschluss des anderen und des Mundes oder durch die Mundöffnung nach Verschluss beider Nasenlöcher. Hierbei muss die Glottis möglichst erweitert sein; auch bedarf es einiger Uebung, um in dieser vollkommenen Ruhestellung des Thorax den frei geöffneten Respirationscanal mit der Gasleitung in freier Communication zu erhalten.

durch acustische Mittel,

Auch durch acustische Mittel, nämlich durch Einfügung einer auf sehr leisen Luftzug ansprechenden Hohlkugelpfeife bei Thieren in die querdurchschnittene Trachea (beim Menschen bei vorher absichtlich, etwa durch starkes Laufen hervorgerufener forcirter Herzbewegung durch die Mundöffnung bei verschlossener Nase) kann man die kardiopneumatische Bewegung leicht nachweisen.

Fig. 20.



Landois's Kardiopneumograph und die damit verzeichneten kardiopneumographischen Curven: *A* und *B* vom Menschen: 1 und 2 entsprechen der Zeit des 1. und 2. Herztones. *C* Curven vom Hunde. *D* das Werkzeug in seiner Anwendung.

durch den Kardiopneumographen.

Ganz besonders aber empfiehlt es sich, die Bewegung durch ein besonderes Instrument (Ceradini) den Kardiopneumographen (Landois) zu verzeichnen. Dieses Werkzeug besteht aus einem fingerdicken Rohre von $1^1/_2$ Händelänge, welches der Mensch luftdicht zwischen die Lippen hält bei sistirter Respiration, weit offener Glottis und geschlossenen Nasenlöchern (D). Das Rohr ist im weiteren Verlaufe aufwärts gebogen und trägt ein metallenes, rundes Tellerchen (T) von Handtellergrösse, welches in der Mitte von dem Rohre durchbohrt wird. Das Tellerchen wird überspannt, jedoch nicht zu straff, von einem zarten Häutchen von Collodium mit Ricinusöl - Beimischung. Von dem Centrum der Membran reicht ein Glasfaden (H) über den freien Rand des Tellerchens, und trägt an seiner Spitze ein zartes Härchen, welches die Bewegungen der Membran auf ein durch ein Uhrwerk vorbeigezogenes Täfelchen (S) aufschreibt. Jede exspiratorische Luftbewegung bewirkt Senkung, jede inspiratorische Hebung der Zeichenspitze. An den Seiten des Rohres befindet sich ein Klappenventil mit hinreichend weiter Oeffnung (K), welches man öffnet, wenn die Versuchsperson während einer Pause sich frei zu athmen anschickt. Die periodischen Bewegungen der durch den Herzschlag getriebenen Athmungsgase bedingen Mitbewegungen der zarten Collodiumhaut, die sich weiterhin auf den Schreibhebel übertragen.

Die von dem Schreibhebel verzeichnete Curve (Figur 20 A und B) lässt folgende Einzelheiten erkennen:

Interpretation der kardio-pneumographischen Curve.

Moment des 1. Herztones.

1. Im Momente des ersten Herztones (1) erleiden die Athemgase eine brüske exspiratorische Bewegung, weil im ersten Momente der Systole der Kammern das Ventrikelblut den Thorax noch nicht verlassen hat, während venöses Blut durch die Hohlvenen in den rechten Vorhof einströmt, und weil in demselben Momente der Systole die schwellenden Aeste der a. pulmonalis die Bronchien, welche sie begleiten, comprimiren. Das Blut des rechten Ventrikels verlässt überhaupt den Thorax nicht; dasselbe wird vielmehr nur in den kleinen Kreislauf versetzt. Diese exspiratorische Bewegung, isochron mit der Ventrikelsystole würde noch grösser ausfallen, wenn dieselbe nicht durch zwei Momente twas verkleinert würde, nämlich a) weil die Muskelmasse der Ventrikel während der Contraction einen etwas kleineren Raum einnimmt und b) weil durch den Herzstoss der Thoraxraum nach aussen gegen den fünften Intercostalraum und nach unten gegen das Zwerchfell erweitert wird.

2. Unmittelbar nach der exspiratorischen Bewegung erfolgt eine starke inspiratorische Strömung der Athemgase, wodurch der grosse aufsteigende Curvenschenkel verzeichnet wird. Sobald nämlich das Blut von der Wurzel der Aorta bis zu denjenigen Stellen der grossen Schlagadern gedrungen ist, die an der Grenze des Thoraxraumes liegen, so verlässt von nun an eine viel grössere Masse arteriellen Blutes den Thoraxraum, als gleichzeitig venöses durch die Hohlvene in denselben hineinströmt. Diese inspiratorische Bewegung würde ebenfalls grösser ausfallen, wenn nicht gleichzeitig in der Mund- und Nasenhöhle durch die Füllung ihrer arteriellen Gefässe (Mundhöhlenpuls, Nasenhöhlenpuls, Landois) eine mit exspiratorischer Bewegung einhergehende (wenn auch nur geringe) Raumverkleinerung einträte.

Moment des 2. Herztones.

3. Nach dem zweiten Herztone (bei 2), der mitunter an der Curvenspitze als leichte Depression erscheint, staut das arterielle Blut weiterhin, der rückwärtigen Blutwelle entsprechend, in den Thoraxraum zurück. Hierdurch wird vom Gipfel abwärts eine abermalige exspiratorische Bewegung in der Curve ausgeprägt.

4. Die sich hieran schliessende abermalige peripherische Wellenbewegung des Blutes aus dem Thorax weg, bewirkt sodann wieder eine inspiratorische Gasbewegung (diese bewirkt in den Körperarterien die Rückstosselevation).

5. Nun strömt unter leichten Schwankungen wieder mehr Blut durch die Venen in den Thorax, und es erfolgt sodann der nächstfolgende Herzschlag.

Man hat beim gesunden Menschen nicht selten dicht am Herzen knisternde Geräusche gehört, herrührend von der Luftbewegung in den Lungen durch die Herzbewegung (v. Bamberger).

Befinden sich im Innern der Lungen abnorme verengerte Stellen in den Bronchien, durch welche die Athmungsgase hindurchgezwängt werden, so dass sie einen Ton oder ein Geräusch von sich geben, so beobachtet man in seltenen Fällen bei Kranken ein ziemlich lautes sausendes oder pfeifendes Geräusch, das sogar von Weitem gehört werden kann: es ist dies das pathologische kardiopneumatische Geräusch (Landois).

Das Studium der kardiopneumatischen Bewegung wird, wie ich glaube, für viele pathologische Fälle interessante Aufschlüsse geben können. Es wäre namentlich zu sehen, wie sie sich bei Herzhypertrophie, dann bei Insufficienz der Mitralis (welche bedeutende systolische Venenschwellung der Lunge setzen muss) gestaltet. Schrötter sah mit Hilfe des Kehlkopfspiegels systolisch eine Erschütterung der Bifurcationsstelle der Bronchien durch den Herzschlag.

66. Einfluss des Athmungsdruckes auf die Ausdehnung und Zusammenziehung des Herzens.

Der Druckwechsel, welchem alle innerhalb des Brustraumes belegenen Theile durch die inspiratorische Erweiterung und exspiratorische Verengerung desselben unterworfen sind,

übt auch seinen sichtbaren Einfluss auf die Systole und Diastole des Herzens, der namentlich von Carson (1820) und Donders (1854) festgestellt ist. — Wir betrachten zuerst die Verhältnisse in ruhender verschiedenartiger Stellung des Brustkorbes bei offener Glottis.

Wirkung des elastischen Zuges der Lungen

Der diastolischen Ausdehnung der Herzhöhlen liegt (ausser dem Druck des Venenblutes und der elastischen Dehnung der erschlaffenden Muskelwände, siehe oben) der elastische Zug der Lunge zu Grunde. Dieser ist aber um so stärker, je bedeutender die Lungen ausgedehnt sind (Inspiration), hingegen um so unwirksamer, je stärker die Lungen bereits sich zusammenziehen konnten (Exspiration).

bei hochgradiger Exspirationsstellung;

Hieraus folgt: 1. Bei starker Exspirationsstellung des Brustkorbes unter möglichster Zusammenziehung des Lungengewebes (natürlich bei offener Glottis), bei welcher also der Rest des noch wirksamen elastischen Zuges der Lungen nur noch sehr gering ist, wird nur wenig Blut in die Herzhöhlen einfliessen: das diastolisch ruhende Herz ist nur klein und weniger gefüllt. Daher werden auch die Systolen klein ausfallen müssen, was äusserlich einen kleinen Pulsschlag zur Folge hat.

bei stärkster Inspirationsstellung;

2. Bei höchster Inspirationsstellung des Brustraumes (bei offener Glottis) und unter der hierbei stattfindenden stärksten Dehnung der elastischen Lungensäcke ist die Kraft des elastischen Zuges der Lungen natürlich am grössten, nämlich 30 Mm. Quecksilber (Donders). Die sehr erhebliche Wirkung desselben kann den Contractionen der dünnwandigen Atrien nebst den Herzohren Abbruch thun, in Folge dessen sich diese Herztheile nur unvollkommen in die Kammern entleeren. Das Herz ist diastolisch stark erweitert und mit Blut gefüllt; trotzdem können wegen der Beschränkung der Vorhofsthätigkeit nur kleine Pulswellen zur Beobachtung kommen. So fand Donders den Puls bei mehreren Personen kleiner und langsamer; nachher wurde er wieder grösser und beschleunigter. Es scheint sogar mitunter bei schwacher Herzconstitution auch die Kammerthätigkeit durch den starken elastischen Lungenzug Beeinträchtigung zu erfahren, wofür wohl das mitunter beobachtete Wegfallen der Herztöne spricht.

bei ruhender Thoraxstellung.

3. Stellung des Brustkorbes in mittlerer Ruhe, wobei der elastische Zug der Lungen nur mittlere Stärke hat, nämlich 7,5 Mm. Quecksilber (Donders), liefert für die Herzaction somit die günstigsten Verhältnisse: hinreichende diastolische Ausdehnung der Herzhöhlen, sowie unbehinderte Entleerung derselben bei der Systole.

Wir können nun fernerhin einen sehr wesentlichen Einfluss constatiren, den der willkürlich im Innern des Thorax verstärkte oder verminderte Druck auf die Herzbewegung ausübt.

Valsalva's Versuch.

1. Wird der Brustkorb zunächst in tiefste Inspirationsstellung gebracht, hierauf die Glottis geschlossen und nunmehr durch Anspannung aller Exspirationsmuskeln der Brustraum stark verkleinert, so können die Herzhöhlen so sehr zusammengepresst werden, dass sogar die Blutbewegung zeitweilig unterdrückt wird (Valsalva's Versuch). Der elastische Zug ist in dieser Exspirationsstellung zunächst sehr beschränkt, und hierzu wirkt nun noch die unter hohem Drucke stehende Lungenluft pressend auf das Herz und die intrathorakalen Gefässe. Von Aussen kann kein Venenblut in den Brustkorb eintreten, es schwellen daher die sichtbaren Venen, das Blut der Lungen wird von der stark gespannten Lungenluft schnell in das linke Herz befördert, und letzteres entleert es baldigst nach Aussen. Daher sind die Lungen blutleer und die Herzhöhlen leer. Also herrscht grösserer Blutreichthum des grossen Kreislaufes gegenüber dem des kleinen Kreislaufes und des Herzens. Die Herztöne hören auf und die Pulse verschwinden (Weber, Donders).

Joh. Müller's Versuch.

2. Wird umgekehrt in stärkster Exspirationsstellung die Glottis geschlossen, und nun mit aller Anstrengung der Brustkorb inspiratorisch erweitert, so wird das Herz gewaltsam dilatirt, denn ausser dem elastischen Zug der Lungen wirkt noch die sehr verdünnte Luft in den Lungen ausdehnend auf die Herzhöhlen gegen die Lungen hin. In das rechte Herz ergiesst sich beschleunigt der Venenstrom, in dem Masse ferner wie der rechte Vorhof und die Kammer den Zug nach aussen überwinden können, werden sich die Blutgefässe der Lungen stark mit Blut füllen, so theilweise den Lungenraum auszufüllen strebend, aus dem linken Herzen wird bedeutend weniger Blut ausgetrieben, so dass sogar die Pulse stocken können. Daher also prall gefülltes grosses Herz, grosser Blutreichthum der Lunge, schwach gefülltes Aortensystem; grösserer Blutreichthum des Herzens und des kleinen Kreislaufes gegenüber dem grossen (Joh. Müller's Versuch).

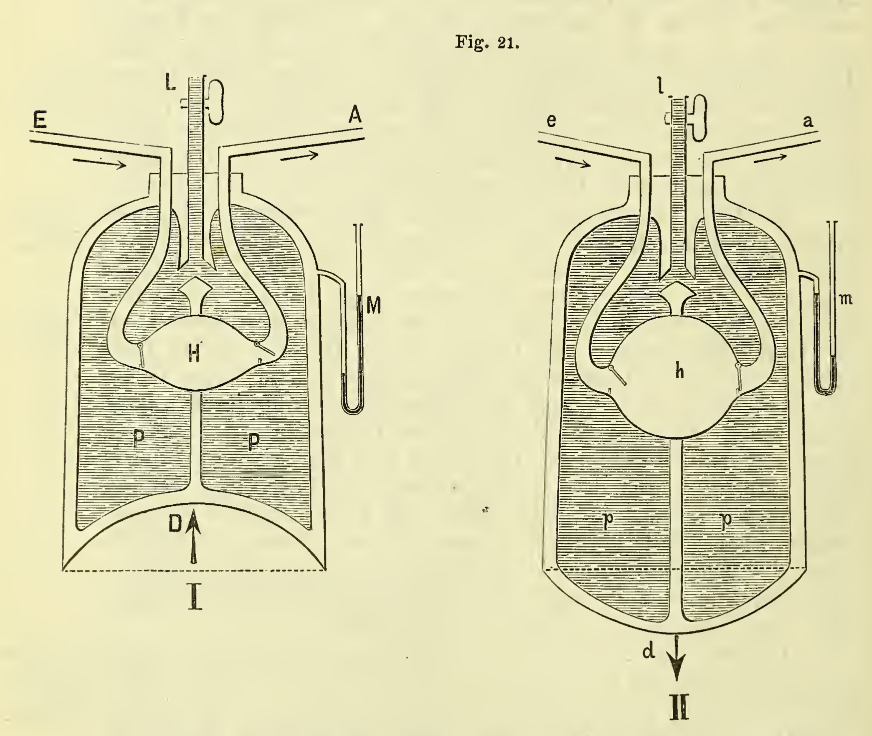
Die Athmung als Unterstützungsmittel des Kreislaufes.

Da bei der normalen Athmung während der Dauer der Inspiration die Lungenluft unter geringerem, bei der Exspiration jedoch unter höherem Drucke steht, so wird dieses normale Wechselverhältniss als Beförderungsmittel des Kreislaufes dienen: die Inspiration befördert den venösen (und Lymph-) Zufluss durch die Hohlvenen (bei Operationen kann in die angeschnittene V. axillaris oder jugularis sogar Luft, tödtlich wirkend, eingesaugt werden), und begünstigt eine ergiebige Diastole; die Exspiration befördert die Blutbewegung in das Aortensystem hinein und begünstigt die systolische Entleerung des Herzens. Dabei ist durch die Ventileinrichtung am Herzen für die einsinnige Leitung des beförderten Stromes gesorgt.

Auch auf den ganz im Innern des Thorax liegenden kleinen Kreislauf übt der elastische Zug der Lungen einen

befördernden Einfluss; denn das Blut der Lungencapillaren steht unter dem Druck der Lungenluft, das der Venae pulmonales wird jedoch unter einem geringeren Druck stehen, da der elastische Zug der Lungen durch Dehnung des linken Vorhofes befördernd auf den Abfluss aus den Capillaren in den linken Vorhof wirken muss. Auf den rechten Ventrikel und somit auf die Blutbewegung durch die Pulmonalis kann der elastische Zug der Lungen jedoch wenig störend zurückhaltend wirken, wegen der ihr innewohnenden überwiegenden Gewalt desselben.

Fig. 21.



Apparat zur Demonstration des Einflusses der respiratorischen Ausdehnung II und Zusammenziehung I des Brustkorbes auf das Herz und den Blutstrom.

Der vorstehend verzeichnete Apparat zeigt uns deutlich den Einfluss der In- und Exspirations-Bewegung auf die Ausdehnung des Herzens und den Strom in den grossen Blutbahnen, die zum und vom Herzen fliessen. Die umfangreiche Glasflasche stellt den Thorax dar, an Stelle des abgesprengten Flaschenbodens ist D, eine elastische Gummimembran angebracht, welche das Zwerchfell repräsentirt. P P sind die Lungen, L die Luftröhre, deren Eingang (Glottis) durch einen Hahn beliebig geschlossen werden kann. H ist das Herz, E die Bahn der Hohlvenen, A das Aortenrohr. Wird zuerst der Luftröhrenhahn L geschlossen, und nun wie bei I die Exspirationsstellung mit Verkleinerung des Thoraxraumes gemacht durch Aufwärtspressung von D, so wird die Luft in P P comprimirt, zugleich aber wird auch das Herz H comprimirt, das venöse Ventil schliesst

sich, das arterielle wird geöffnet und die Flüssigkeit durch A ausgetrieben. Das eingesetzte Manometer M zeigt den verstärkten Intrathorakaldruck an. — Wird, gleichfalls bei geschlossenem Hahn l (in II), die Membran d stark abwärts gezogen, so erweitern sich die Lungen p p, aber auch das Herz h; die venöse Klappe öffnet sich, die arterielle schliesst sich, es erfolgt also Einströmen der venösen Flüssigkeit von e zum Herzen hin. So hat also stets die Inspiration Beförderung des venösen und Behinderung des arteriellen, die Exspiration Behinderung des venösen und Beförderung des arteriellen Stromes zur Folge. — Ist die Glottis L offen, so wird natürlich bei Ein- und Ausathmungsstellung von D, d, auch die Luft in P P gewechselt. Dem entsprechend ist die Einwirkung auf das Herz H und die Blutgefässe geringer, allein sie wird in geringem Masse auch so noch fortbestehen müssen.

Die Kreislaufsbewegung.

67. Toricelli's Theorien über die Ausflussgeschwindigkeit der Flüssigkeiten.

Toricelli's Gesetz über Ausfluss-bewegung.

Der Toricelli'sche (1643) Satz besagt: Die Ausflussgeschwindigkeit (v) einer Flüssigkeit (etwa aus einer Oeffnung am Boden eines hohen cylindrischen Wassergefässes) ist gerade so gross, wie die Geschwindigkeit, welche ein frei fallender Körper erlangen würde, wenn er vom Spiegel der Flüssigkeit bis zu der Tiefe der Ausflussöffnung (von der Treibkrafthöhe) h niederfiele,

also: $v = \sqrt{2gh}$; [worin g = 9,8 Meter].

Fig. 22.

Druckgefäss mit Wasser angefüllt: *h* die Höhe der Flüssigkeitssäule; *F* Geschwindigkeitshöhe; — *D* Widerstandshöhe.

Die Ausflussgeschwindigkeiten wachsen nun (wie experimentell bewiesen) mit zunehmender Treibkrafthöhe (h) und zwar verhalten sich dieselben wie 1, 2, 3, wenn die Treibkrafthöhen zunehmen wie 1, 4, 9; das heisst also, die Ausflussgeschwindigkeiten verhalten sich wie die Quadratwurzeln der Treibkrafthöhen. Hieraus folgt, dass die Ausflussgeschwindigkeit nur abhängt von der Höhe des Spiegels über der Ausflussöffnung, nicht aber von der Natur der ausströmenden Flüssigkeit. — Wo immer eine Flüssigkeit mit einer bestimmten Ausflussgeschwindigkeit strömend angetroffen wird, lässt sich somit diese Kraft, welche das Strömen verursacht, ausdrücken durch die Höhe (h) einer Flüssigkeitssäule in einem Behälter, die Treibkrafthöhe.

Ueberwindung der Widerstände.

Das Toricelli'sche Gesetz hat aber nur Giltigkeit, wenn man von jeglichen Widerständen, welche sich dem Ausfliessen entgegenstellen, absieht. In der That herrschen aber bei jedem derartigen physikalischen Versuche Widerstände vor. Daher wird von der (durch die Treibkrafthöhe h ausgedrückten) Kraft nicht allein das Ausströmen bewirkt, sondern auch die Summe der Widerstände überwunden. Diese beiden Kräfte lassen sich ausdrücken durch die Höhen zweier übereinander stehender Wassersäulen, nämlich durch die Geschwindigkeitshöhe F (die Ausflussgeschwindigkeit bewirkend) und die Widerstandshöhe D (die vorhandenen Widerstände überwindend),

Geschwindigkeitshöhe und Widerstandshöhe.

also: $h = F + D$.

68. Treibkraft, Stromgeschwindigkeit und Seitendruck.

Bestimmung der Treibkraft.

Strömt eine Flüssigkeit durch eine Röhre (welche sie ganz erfüllt), so ist für die Strömung zuerst zu bestimmen die Treibkraft h, mit welcher die Strömung an den verschiedenen Stellen des Rohres von Statten geht. Die Grösse der Treibkraft hängt von zwei Momenten ab:

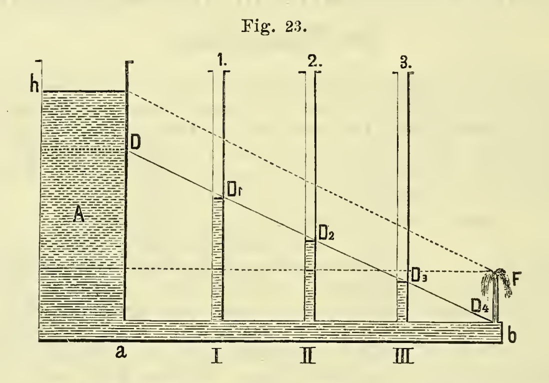
1. Von der Geschwindigkeit des Stromes v;

2. von dem Druck (Widerstandshöhe), unter welchem die Flüssigkeit an den verschiedenen Stellen des Rohres steht, D.

1. Die Geschwindigkeit des Stromes v wird bestimmt: a) aus dem Lumen l der Röhre, und b) aus der Flüssigkeitsmenge q, welche in der angenommenen Zeiteinheit durch die Röhre hindurchfliesst. Es ist dann $v = q : l$ —. Beide Werthe, sowohl q als auch l, lassen sich direct durch Messung bestimmen. (Der Umfang einer runden Röhre, deren Durchmesser $= d$, ist $3{,}14 \cdot d$. Der Querschnitt, Lumen der Röhre, ist $l = \frac{3.14}{4} \cdot d^2$).

Ist auf diese Weise die Grösse von v bestimmt, so lässt sich ferner aus v die sogenannte „Geschwindigkeitshöhe“ F (der Hydrauliker) berechnen,

Fig. 23.



Ein Druckgefäss A mit Ausflussrohr a b und eingesetzten Druckmessern D_1 D_2 D_3.

nämlich jene Höhe, aus welcher ein Körper im luftleeren Raume niederfallen müsste, wenn er die gefundene Geschwindigkeit von v erreichen sollte. Es ist dies $F = \frac{v^2}{4\,g}$, (worin g = dem Fallraum in der 1. Sec. bezeichnet = 4,9 Meter).

2. Der Druck D (Widerstandshöhe) wird an den verschiedenen Stellen des Rohres direct durch eingesetzte Manometerröhren gemessen.

Es ist nunmehr die Treibkraft h für eine beliebige Stelle der Röhre:

$$h = F + D$$

$$h = \frac{v^2}{4\,g} + D \qquad \text{(Donders).}$$

Zur experimentellen Prüfung diene das hinreichend weite cylindrische Druckgefäss (A), innerhalb welchem Wasser durch eine passende Vorrichtung stets bis zum gleichen Niveau h erhalten wird. Das von dem Boden desselben abgehende gleichweite starre Rohr a b trägt als Druckmesser eine Anzahl senkrecht eingesetzter Röhren (1, 2, 3) (Piezometer); am Ende b besitzt das Rohr eine nach oben gerichtete Oeffnung. Aus letzterer wird (stets gleiches Niveau bei h vorausgesetzt), das Wasser bis zu einer constanten Höhe emporspringen: das Mass hierfür ist gleich F (der Geschwindigkeitshöhe). Da in den Manometerröhren 1, 2, 3 der Druck D^1, D^2, D^3 direct abgelesen werden kann, so ist an den Rohrstellen I, II, III die Treibkraft des Wassers:

$$h = F + D^1; — F + D^2; — F + D^3$$

Am Ende des Rohres (bei b), wo $D^4 = 0$ geworden ist, ist $h = F + 0$, also $h = F$. Im Druckgefässe selbst ist es die constante Kraft h selbst, welche auf die Bewegung der Flüssigkeit einwirkt.

Es ist somit sofort ersichtlich, dass die Treibkraft des Wassers von dem Einströmen der Flüssigkeit aus dem Druckgefäss bis zum Ende der Röhre b stetig kleiner geworden ist. Das im Druckgefäss von h herabfallende Wasser steigt bei b nur noch bis zu F empor. Diese Verminderung der Treibkraft rührt her von den Widerständen, welche sich der Strömung in der Röhre entgegenstellen, und so einen Theil der lebendigen Kraft aufheben (d. h. in Wärme umsetzen). Da von der Bewegungskraft im Gefässe h endlich bei b nur noch F übrig geblieben ist, die Differenz also durch die Widerstände aufgehoben ist, so muss die Summe dieser Widerstände $D = h - F$ sein, hieraus folgt $h = F + D$ (Donders).

Bestimmung der Widerstände.

Bestimmung der Widerstände.

Wenn eine Flüssigkeit durch eine in ihrem ganzen Verlaufe gleichweite Röhre hindurchströmt, so nimmt von Stelle zu Stelle die Treibkraft h durch die überall gleichmässig wirkenden Widerstände ab, es ist daher die Summe der Widerstände in der ganzen Röhre der Länge derselben direct proportional. In einer überall gleichweiten Röhre strömt die Flüssigkeit durch jeden Querschnitt mit gleicher Geschwindigkeit, es ist also v (und folglich auch F) für alle Stellen der Röhre gleich. Die Abnahme, welche die Treibkraft h erfährt, kann also, da F überall gleichbleibt (und $h = F + D$ ist), nur von einer Verminderung des Druckes D herrühren. Der Versuch am Druckgefässe zeigt in der That, dass der Druck gegen das Ausflussende des Rohres hin in stetiger Abnahme begriffen ist. — In einer überall gleichweiten Röhre ist die gefundene Druckhöhe in der Manometerröhre der Ausdruck für die Summe der Widerstände, welche der Strom der Flüssigkeit auf seinem Wege von der untersuchten Stelle bis zur freien Ausflussöffnung noch zu überwinden hat.

Cohäsion der Flüssigkeitstheilchen.

Arten der Widerstände. Die Widerstände, welche sich einer strömenden Flüssigkeit entgegenstellen, sind zunächst belegen in der Cohäsion der Flüssigkeitstheilchen unter einander. Während der Strömung befindet sich die äusserste wandständige Schicht, welche die Röhre benetzt, in völliger Ruhe (Girard, Poiseuille). Alle übrigen Flüssigkeitsschichten, welche man sich von der Wand aus als concentrisch in einander geschobene Cylinderschichten vorstellen kann, sind gegen die Axe der Röhre hin in fortschreitend grösserer Bewegung, der Axenfaden selbst endlich stellt den am meisten beschleunigten Theil der Flüssigkeit dar. Bei diesem Verschieben der cylindrischen Flüssigkeitsschichten an ihren Begrenzungsflächen müssen natürlich die aneinander liegenden Flüssigkeitstheilchen von einander gerissen werden, wobei von der lebenden Treibkraft verloren gehen muss. Die Grösse der Widerstände hängt wesentlich ab von der Grösse der Cohäsionskraft der Flüssigkeitstheilchen unter einander: je inniger die Flüssigkeitstheilchen an einander haften, um so grösser werden die Widerstände sein und umgekehrt. So ist es leicht verständlich, dass die Widerstände, welche das klebrige Blut in seiner Strömung erkennen lässt, grösser sein müssen, als etwa Wasser oder Aether.

Erwärmung vermindert die Cohäsion der Theilchen, ist daher auch ein Mittel zur Verminderung der Strömungswiderstände. Es ist ferner einleuchtend, dass diese Widerstände erst Folge der Bewegung sind, denn erst mit dem Eintritte dieser beginnen die Flüssigkeitstheilchen auseinander gerissen zu werden. Offenbar muss ferner auch, je schneller die Strombewegung vor sich geht, das heisst je mehr Flüssigkeitstheilchen in einer Zeiteinheit auseinander gerissen werden, desto grösser auch die Summe der Widerstände sich gestalten. Die wandständige, die Röhrenfläche benetzende Flüssigkeit befindet sich, wie gesagt, während der Strömung in absoluter Ruhe; es folgt hieraus, dass das Material der Röhrenwandung keinen Einfluss auf die Widerstände hat.

Einfluss der ungleichen Weite der Röhre.

Einfluss ungleicher Weite.

In den weiten Stellen sind die Widerstände geringer.

Bei gleicher Stromgeschwindigkeit ist die Grösse der Widerstände abhängig von der Grösse des Durchmessers der Röhre: je kleiner der Durchmesser ist, desto grösser sind die Widerstände; je grösser der Durchmesser ist, desto kleiner sind die Widerstände. Die Widerstände nehmen jedoch in engeren Röhren schneller zu, als die Durchmesser der Röhren abnehmen. Das hat die experimentelle Untersuchung festgestellt.

In den weiten Stellen ist die Stromgeschwindigkeit geringer.

In Röhren, die in ihrem Verlaufe eine ungleiche Weite besitzen, ist die Geschwindigkeit des Stromes verschieden: sie ist innerhalb der weiten Stellen natürlich langsamer, innerhalb der engen beschleunigter. Im Allgemeinen ist die Stromgeschwindigkeit innerhalb ungleichweiter Röhren umgekehrt proportional dem Durchschnitte des betreffenden Röhrenabschnittes, d. h. also, wenn die Röhren cylindrisch sind, umgekehrt proportional dem Quadrate des Diameters des kreisförmigen Querschnittes.

In den weiten Stellen nimmt die Treibkraft weniger stark ab.

Während in überall gleichweiten Röhren die Treibkraft der strömenden Flüssigkeit von Strecke zu Strecke gleichmässig abnimmt, nimmt dieselbe innerhalb ungleichweiter Röhren nicht gleichmässig ab. Denn da, wie vorhin angeführt, die Widerstände in engen Röhren grösser sind, als in weiten, so muss natürlich innerhalb der engen Stellen die Treibkraft stärker abnehmen, als innerhalb der weiten. Dabei hat sich gezeigt, dass der Druck innerhalb der erweiterten Stellen grösser ist, als die Summe der noch zu überwindenden Widerstände, hingegen innerhalb der engen Stellen kleiner als diese.

Einfluss der Krümmungen,

Krümmungen und Schlängelungen der Gefässe bringen weiterhin neue Widerstände mit sich: in Folge der Centrifugalkraft pressen sich nämlich die Flüssigkeitstheilchen stärker an der convexen Seite des Bogens und finden hier somit grösseren Widerstand bei ihrer Strombewegung, als an der concaven Seite.

der Theilungen,

Theilungen der Röhre in zwei oder mehrere Aeste schwächen gleichfalls die Treibkraft durch Schaffung neuer Widerstände. Theilt sich ein Strom in zwei kleinere Ströme, so müssen theilweise Flüssigkeitstheilchen retardirt, andere stärker beschleunigt werden, wie aus der Betrachtung der ungleichen Geschwindigkeit der Flüssigkeitsschichten hervorgeht. Viele Theilchen, die im Hauptstrome als Axentheilchen die grösste Geschwindigkeit hatten, werden in den Nebenströmen mehr in den Seitenschichten liegend, nun langsamer fortbewegt, und umgekehrt werden viele Seitenschichten im Hauptstrom in den Nebenströmen zu mehr centralen mit grösserer Geschwindigkeit. Durch die hierbei auftretenden Widerstände geht natürlich von der Treibkraft verloren. Auch das Auseinanderreissen der Flüssigkeitstheilchen bei Theilung des Stromes wirkt ähnlich.

und des Wieder-Zusammenströmens.

Treten umgekehrt zwei Röhren zu einer zusammen, so werden neue Widerstände, den angeführten entgegengesetzt wirkend, die Treibkraft schwächen müssen. Die Summe der mittleren Geschwindigkeiten in beiden Stromzweigen ist unabhängig von dem Winkel, unter welchem die Verzweigung vor sich geht (Jacobson); wird an einem Rohre ein Nebenzweig eröffnet, so beschleunigt dies den Hauptstrom in deutlich gleichem Masse, unter welchem Winkel der Seitenzweig auch abgehen mag.

69. Strömung durch Capillarröhrchen.

Gesetze über die Capillar-Strömung.

Die Strombewegungen der Flüssigkeiten durch Haarröhrchen sind, abweichend von den vorhin entwickelten Gesetzen, besonderen Normen unterworfen, deren Kenntniss wir Poiseuille verdanken. Diese Sätze lauten:

1. Die Ausflussmengen (aus demselben Haarröhrchen) sind proportional den Drucken.

2. Die zum Ausfluss einer gleichen Flüssigkeitsmenge nöthigen Zeiten (bei gleichem Drucke, Durchmesser des Röhrchens und Temperatur) sind proportional den Längen der Röhren.

3. Die Producte des Ausflusses verhalten sich (bei Gleichheit aller sonstigen Umstände), wie die vierten Potenzen der Durchmesser.

4. Die Strömungsgeschwindigkeiten sind proportional den Druckhöhen und den Quadraten der Durchmesser, und umgekehrt proportional der Länge der Röhrchen.

5. Die Widerstände in den Capillaren sind proportional den Stromgeschwindigkeiten.

70. Strombewegung und Wellenbewegung in elastischen Röhren.

Einfache Strombewegung in elastischen Röhren.

1. Lässt man durch eine elastische Röhre einen ununterbrochenen gleichmässigen Flüssigkeitsstrom hindurchlaufen, so ist diese Strombewegung ganz denselben Gesetzen unterworfen, nach denen dieselbe auch innerhalb starrer Röhren vor sich geht. Nimmt die Treibkraft zu, oder nimmt dieselbe ab, so werden die elastischen Röhren entweder weiter oder enger, und sie verhalten sich nun dem Flüssigkeitsstrome gegenüber als einfach weitere oder engere starre Röhren.

Wellenbewegung im elastischen Rohre.

2. Wird jedoch in eine elastische, ganz von Flüssigkeit erfüllte Röhre stossweise neue Flüssigkeit hineingeworfen, so wird das Rohr am Anfangstheile, der Menge der eingeworfenen Flüssigkeit entsprechend, plötzlich ausgedehnt. Der Stoss ertheilt den Flüssigkeitstheilchen eine oscillatorische Bewegung, welche sich mit grosser Schnelligkeit allen Wassertheilchen vom Anfange bis zum Ende der Röhre mittheilt: es entsteht eine positive Welle, welche sich durch das Rohr schnell fortpflanzt. Denken wir uns das elastische Rohr an seinem peripheren Ende geschlossen, so wird die positive Welle von der Verschlussstelle zurückprallen, sie wird positiv rückläufig und kann sogar wiederholt ihren Weg hin und her nehmen, bis dieselbe, allmählich kleiner werdend, erlischt. In einem solchen geschlossenen Schlauche bewirkt also das plötzliche stossweise Einpressen einer Flüssigkeitsmenge nur Wellenbewegung, d. h. also nur eine schwingende Bewegung, oder die Bewegung einer Form.

Strom- und Wellenbewegung im elastischen Rohre.

3. Werden jedoch in einer ganz mit Flüssigkeit erfüllten elastischen Röhre, in welcher sich dieselbe bereits in continuirlicher strömender Bewegung befindet, durch stossweises Einpumpen neue Flüssigkeitsmassen in den Anfangstheil der Röhre gebracht, so combinirt sich hier die Strombewegung mit der Wellenbewegung. Hier ist auf das strengste zu unterscheiden die Strombewegung der Flüssigkeit, d. h. die Massenverschiebung der Flüssigkeit durch die Röhre, von der Wellenbewegung, der oscillatorischen Bewegung, der Bewegung der Formveränderung an der Flüssigkeitssäule. Die erste ist eine translatorische, die letztere eine oscillatorische Bewegung. Die Strombewegung erfolgt in elastischen Röhren langsamer, die Wellenbewegung mit grosser Schnelligkeit.

Vergleich mit den Bewegungen in der Blutbahn.

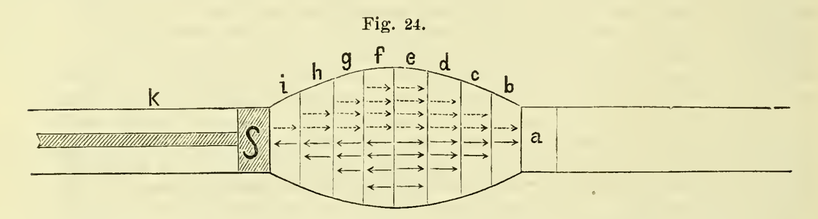
Gerade so wie in diesem letzteren Falle verhält es sich an dem arteriellen Systeme der Blutbahn. Das Blut ist bereits in den Arterien in steter Strömung von der Aortenwurzel gegen die Capillaren hin begriffen (Strombewegung); durch das stossweise Hineinwerfen einer Blutmasse in die Aortenwurzel bei jeder Systole der linken Kammer entsteht eine positive (Puls-) Welle, welche sich mit grosser Schnelligkeit zu dem Ende der arteriellen Bahn fortpflanzt, während die Strombewegung um vieles langsamer vor sich geht..

Es ist von grosser Wichtigkeit, die Bewegungen der Flüssigkeiten in starren Röhren, denen in elastischen gegenüberzustellen. Wird ein gewisses Quantum von Flüssigkeit in ein starres Rohr unter einem gewissen Drucke hineingetrieben, so fliesst aus dem Ende der Röhre, sofern nicht besondere Widerstände behindernd eintreten, ein gleichgrosses Quantum Flüssigkeit sofort ab. Anders verhält sich das elastische Rohr. Unmittelbar nach dem Eintreiben des bestimmten Quantums fliesst anfangs nur relativ wenig ab, und es folgt der Ausfluss des Restes erst, nachdem die eintreibende Kraft bereits zur Ruhe gekommen ist.

Treibt man periodisch gleichgrosse Flüssigkeitsmengen in ein starres Rohr ein, so tritt allemal mit jedem Stosse die entsprechende Masse wiederum aus, und das Ausfliessen dauert gerade so lange, als der Stoss, und die Pause zwischen zwei Ausflüssen ist stets gleich der Pause zwischen zwei Stössen. Bei elastischen Röhren ist dies Verhältniss ein anderes. Da nach dem Stosse das Ausfliessen der Flüssigkeit noch eine Zeit lang anhält, so werden wir an elastischen Röhren allemal dann einen continuirlichen Ausflussstrom erzeugen können, wenn wir die Zeit zwischen zwei Eintreibungen der Flüssigkeitsmengen etwas kürzer nehmen, als die Dauer des Ausströmens nach vollendetem Stosse beträgt. So erzeugt also ein periodisches Eintreiben von Flüssigkeiten in starre Röhren ein isochrones, scharf abgesetztes Ausfliessen, und das Ausströmen kann erst dann dauernd werden, wenn auch das Einströmen dauernd ist. Bei den elastischen Röhren hingegen erzeugt unter den besprochenen Verhältnissen ein intermittirendes Einströmen ein continuirliches Ausfliessen mit systolischer Verstärkung.

E. H. Weber hat uns in folgender Weise die Bewegung erläutert, welche die durch einen Stempel in eine elastische Röhre eingetriebene Flüssigkeit hervorruft. Eine den Verhältnissen entsprechende Vorstellung erhält man, wenn man sich die von der Flüssigkeit erfüllte und ausgedehnte elastische Röhre durch unveränderliche Grenzen, die den Querschnitten der Röhre entsprechen, in Abtheilungen (Röhrenelemente) a, b, c, d, e, f, g, h, i, getheilt denkt.

Fig. 24.



Schema eines Apparates zur Demonstration der Entstehung der Pulswellen.

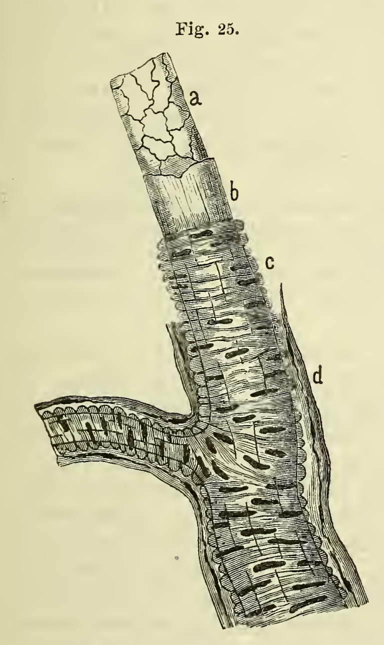
Der Stempel S möge Wasser aus der unausdehnbaren Röhre k in die ausdehnbare Röhre c a mit einer Anfangs zunehmenden und dann abnehmenden Geschwindigkeit hereingedrängt, und dadurch die Röhre so erweitert haben, dass das in den verschiedenen Röhrenabschnitten enthaltene Wasser die durch die Zahl der punktirten Pfeile angedeuteten Geschwindigkeiten angenommen hat. Wenn dann die ringförmigen Theile der Röhrenwand, welche die Röhrenabschnitte e und f umschliessen, denjenigen Druck auf das eingeschlossene Wasser ausüben, welchen die durch Linien dargestellten Pfeile anschaulich machen, so übersieht man, dass die in den Röhrenabschnitten e, d, c, b enthaltenen Wassertheilchen in der Richtung a beschleunigt werden müssen, da sie sich selbst in dieser Richtung schon bewegen und durch den durch die linearen Pfeile angedeuteten Druck in dieser Richtung eine Zunahme der Geschwindigkeit erhalten; dass dagegen die in den Röhrenabschnitten f, g, h, i enthaltenen Wassertheilchen in ihrer Bewegung retardirt werden, da auf sie in der Richtung S der durch die linearen Pfeile angedeutete Druck ausgeübt wird, der der Bewegung entgegen ist, in welcher sich die Theilchen schon befinden. Hierdurch kommt die Flüssigkeit in i im nächsten Zeitmomente zur Ruhe, und die ausgedehnte Röhrenwand dieser Abtheilung kehrt zu ihrem ursprünglichen Durchmesser zurück, während in demselben Zeitmomente in der Abtheilung a, in welcher bis jetzt keine Bewegung des Wassers und keine Ausdehnung der Röhre stattfand, das Wasser in Bewegung gesetzt wird und durch dasselbe die Röhrenwand eine Ausdehnung erleidet, und auf diese Weise die Welle um eine Abtheilung in der Richtung, welche die punktirten Pfeile anzeigen, fortschreitet. Man übersieht hiernach auch, dass sich das Wasser in dem Röhrenabschnitte d anhäufen und die Röhrenwandung noch mehr ausdehnen, und dadurch selbst

wieder den Druck vergrössern müsse, den das ringförmige Stück der elastischen Arteriengegend auf das enthaltene Wasser ausübt, wenn durch den grösseren scheibenförmigen Querschnitt zwischen e und d mehr Wasser in die Abtheilung d hineindringt, als durch den kleineren scheibenförmigen Querschnitt zwischen d und c aus d herausdringt; und dasselbe gilt von den Röhrenabtheilungen c und b. Das Entgegengesetzte ereignet sich im Hintertheile der Welle in der Abtheilung f, in welche durch den scheibenförmigen kleinen Querschnitt zwischen f und g weniger Flüssigkeit nach f hineindringt, als durch den scheibenförmigen grossen Querschnitt zwischen f und e aus f heraustritt; und dasselbe gilt von den Röhrenabtheilungen h und i.

71. Bau und Eigenschaften der Blutgefässe.

Die grossen Gefässe erfüllen im Körper lediglich den Zweck, als Leitungscanäle der Blutmasse zu dienen, während an den dünnwandigen Capillargefässen der Austausch der Substanzen aus dem Blute zu den Geweben hin und umgekehrt sich vollzieht.

Fig. 25.



Kleines Arterienästchen zur Demonstration der einzelnen Schichten der Röhrenwandung: *a* das Endothel, — *b* die elastische Innenhaut, — *c* die musculöse Ringfaserschicht, — *d* die bindegewebige Adventitia.

Bau der Arterien.

1. Die Arterien zeichnen sich durch folgende Eigenschaften den Venen gegenüber aus: durch stärkere Wandung in Folge einer reichlicheren Entwickelung musculöser und elastischer Elemente, sowie durch eine vor Allem am stärksten entwickelte Tunica media bei relativ dünner T. adventitia.

Die Intima.

Die Arterien bestehen aus drei Gefässhäuten. 1. Die Intima enthält dem Blutstrom zugewandt ein kernhaltiges Endothel (a) (His 1866) unregelmässiger, länglicher, platter Zellen. Aussen vom Endothel liegt eine dünne, feinkörnige, mehr oder wenig deutliche Fasern enthaltende Schicht, in welcher zahlreiche spindel- oder sternförmige Protoplasmazellen innerhalb eines entsprechenden plasmatischen Canalsystemes liegen. Nach Aussen davon liegt eine elastische Schicht (b), welche bei den feinsten Arterien eine structurlose oder faserige elastische Haut ist, bei den mittelstarken als gefensterte Haut auftritt, bei den stärksten sogar in 2—3facher Lage faseriger oder gefensterter elastischer, mit Bindegewebe vereinigter Häute geschichtet erscheint. In allen grösseren bis mittelstarken Arterien kommen glatte Längsfasern zwischen zwei elastischen Platten gelagert vor (K. Bardeleben). Sie können vereinigt mit

den circulären das Arterienrohr verengen, ausserdem auch das Gefässlumen offen und gleich weit erhalten. Dahingegen scheint es nicht wahrscheinlich, dass sie für sich allein wirksam sein und die Gefässe in ihrer isolirten Action etwa erweitern könnten.

Die Media.

2. Die Tunica media enthält als am meisten charakteristischen Bestandtheil glatte Muskelfasern (c). Sie erscheint an den kleinsten Arterien aus querliegenden zerstreuten glatten Muskelfasern formirt zwischen Endothelrohr und T. adventitia. Ein feinkörniges, mit wenigen feinen elastischen Fasern durchzogenes Gewebe dient als Verbindungsmasse. Von den allerkleinsten zu den kleinen Arterien vorschreitend, wird die Zahl der glatten Muskeln so vermehrt, dass sie in Gestalt einer stark musculösen Ringfaserschicht auftritt, in welcher die Bindesubstanz fast völlig zurücktritt. — In den grossen Arterien nimmt jedoch letztere sehr erheblich überhand: es erscheinen zwischen feinfaserigen Lagen zahlreiche (bis 50) concentrisch geschichtete, dicke, elastische, gefaserte oder gefensterte, vorwiegend quergelagerte Häute.

Dazwischen liegen nur vereinzelnt hie und da wie versprengt der Quere nach, seltener schief- oder längsgerichtete glatte Muskelzellen.

Die Anfangstheile der Aorta und Pulmonalis sowie die Retinalarterien sind muskellos. Die Aorta descendens, Iliaca communis und Poplitea weisen schräg- und längsverlaufende Muskeln zwischen den queren auf. Längsbündel an der inneren Seite der Media besitzen die Aa. renalis, lienalis, spermatica interna; Längsbündel an der inneren und an der äusseren Fläche die überaus muskelreichen Aa. umbilicales.

Die Adventitia.

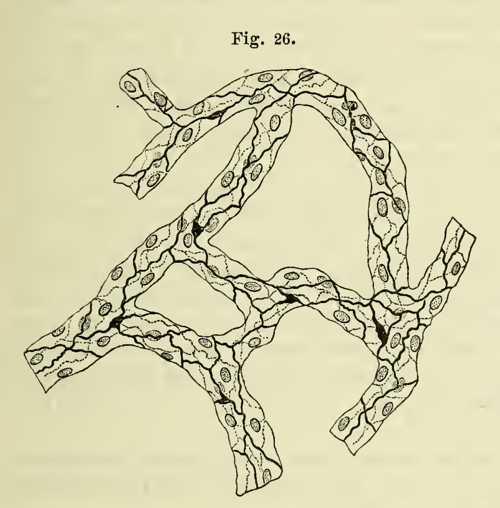
3. Die Tunica adventitia ist an den feinsten Arterien eine mit spärlichen Protoplasmazellen besetzte structurlose Haut; an den etwas dickeren erscheint dann eine Lage feinfaserigen elastischen Gewebes mit Zügen fibrillären Bindegewebes untermischt (d). An den mittelstarken und dicksten Arterien besteht die Hauptmasse aus schräg verlaufenden und vielfach sich durchkreuzenden Bündeln fibrillären Bindegewebes mit Bindegewebszellen, nicht selten auch mit Fettzellen vermischt. Dazwischen liegen, namentlich reichlich gegen die Media hin, faserige oder gefensterte elastische Lamellen. An der Grenze gegen die Media hin formiren sich die elastischen Elemente an den kleineren und mittelstarken Arterien zu einer mehr selbstständigen elastischen Membran (Henle's äussere elastische Haut). Längsverlaufende, in zerstreuten Bündeln auftretende glatte Muskelfasern trifft man in der Adventitia der Schlagadern des Penis, der A. renalis, lienalis, spermatica interna, cruralis.

Die Capillar-Gefässe.

2. Die sich vielfältig unter Wahrung ihres Durchmessers theilenden und im weiteren Verlaufe wieder zusammentretenden Capillaren haben sehr verschiedene Durchmesser von 5—6 μ (Retina, Muskeln) bis zu 10—20 μ (Knochenmark, Leber, Chorioidea). Die Röhren sind aus einem einschichtigen kernhaltigen Endothellager zusammengefügt (Hoyer, Auerbach, Eberth, Aeby 1865), dessen Zellen in den schmalen mehr spindelförmig, in den breiteren mehr

polygonal geformt sind. Die Zellkörper haben das Aussehen des mattglänzenden Protoplasmas. Man wird ihnen daher, wie dem Protoplasma überhaupt, eine selbstständige Bewegung nicht absprechen dürfen; man hat sie sogar geradezu „Protoplasma in Röhrenform“ genannt (Stricker), und konnte an ihnen, namentlich auch nach Reizungen beim lebenden Thiere, Bewegungserscheinungen beobachten. Stricker sah diese vornehmlich an den Capillaren junger Froschlarven, während im höheren Alter die Reaction derselben auf Reize mehr zurücktritt. Die Grenzen der einzelnen Zellen sind nur durch Injection mit Höllensteinlösungen als schwarze Linien erkennbar. Die geschwärzte Kittsubstanz zeigt an einzelnen Stellen grössere schwarze Spaltflecken. Ob diese als wirkliche Lücken (Stomata, Cohnheim) zu betrachten sind, durch welche eventuell weisse Blutkörper auswandern können, oder als blosse reichlichere Anhäufung der geschwärzten Kittsubstanz, ist zur Zeit unentschieden. — Die an die Capillaren zunächst stossenden ganz kleinen Gefässe besitzen ausser dem Endothel noch eine völlig structurlose Umhüllungshaut.

Fig. 26.



Capillargefässe, die Zellengrenzen (Kittsubstanz zwischen den Endothelien) durch Silbernitrat geschwärzt, die Kerne der Endothelien durch Tinction hervortretend.

Bau der Venen.

3. Die Venen zeichnen sich den Arterien gegenüber im Allgemeinen dadurch aus, dass ihr Lumen weiter als das der correspondirenden Arterien, ihre Wand dünner, wegen der viel geringeren Entwickelung der elastischen und muskulösen Elemente (unter denen letzteren viel häufiger längsverlaufende angetroffen werden) und entschieden (bei gleichem Zuge) dehnbarer ist. Dabei ist ihre Adventitia meist die relativ dickste Membran; das Vorkommen von Klappen ist nur auf gewisse Bezirke beschränkt.

Intima der Venen.

1. Die Intima besitzt eine aus kürzeren Endothelzellen gebildete Zellhaut; darunter findet sich bei den kleinsten eine structurlose, bei den etwas dickeren eine vorwiegend längsgefaserte elastische Lage (stets dünner als an den Arterien). An den grossen Venen kann sie den Charakter einer gefensterten Haut annehmen, die sogar an einzelnen Stellen der Cruralis und Iliaca sich verdoppeln kann. Eine zarte Bindesubstanz mit Spindelzellen dient zur Vereinigung. Die Femoralis und Poplitea haben sogar zerstreute Muskelfasern in der Intima.

Media der Venen. 2. Die Media ist an den grösseren Venen aus abwechselnden Lagen von elastischen und muskulösen Elementen mittelst ziemlich reichlichem fibrillären Bindegewebe zusammengefügt. (Doch ist die Media stets dünner als an correspondirenden Arterien.) Der Reichthum solcher Lagen ist ein fortschreitend geringerer der Reihe nach bei folgenden Venen: Vena poplitea, — Venen der unteren Extremität, — Venen der oberen Extremität, Vena mesenterica sup., — übrige Venen der Bauchhöhle, — Ven. hepaticae, pulmonales, coronariae cordis. — Völlig muskellos sind folgende Venen: die der Knochen, des Centralnervensystems und dessen Häute, der Retina, die Cava superior mit den grossen einmündenden Stämmen, der obere Theil der Cava inferior. Hier erscheint die Media natürlich deshalb sehr geschwächt. In den feinsten Venen ist die Media nur durch feinfaseriges Bindegewebe gebildet, dem sich mehr centralwärts versprengte längs- und querliegende glatte Muskelzellen zugesellen.

Die Adventitia der Venen. 3. Die Adventitia der Venen ist durchgehends dicker, als an den entsprechenden Arterien: sie enthält stets reichlicheres, meist längsgefasertes Bindegewebe, dahingegen geringere, grobmaschige Netze elastischer Elemente. An gewissen Venen kommen jedoch auch noch längsverlaufende glatte Muskelfasern hinzu (vena renalis, portarum, cava inferior im Leberbereich, Venen der unteren Extremität). *Venenklappen.* Die Klappen bestehen aus fein fibrillärem Bindegewebe mit eingelagerten Sternzellen; die convexe Klappenfläche überzieht ein Netz elastischer Fasern, beide Flächen das endothele Zellenlager.

Sinus. Die Sinus der Dura mater sind von Endothel ausgekleidete Spalten zwischen Duplicaturen oder zwischen das Gewebe derselben eingegrabene Spalten dieser Haut.

Cavernöse Räume. Cavernöse Räume kann man sich entstanden denken durch zahlreiche, unmittelbar nach einander erfolgende Theilungen und Anastomosen ziemlich umfangreicher, jedoch ungleich dicker Venen. Es erscheint dann die Gefässwand vielfach durchbrochen, schwammig; der Innenraum mit Bälkchen oder Fäden durchzogen. Dem Blute zugewandt lagert das Endothel. Die umgebende Wand besteht aus Bindegewebe, das oft sehr derb und sehnig ist, wie an den Schwellkörpern, und nicht selten glatte Muskelfasern eingelagert enthält.

Cavernöse Bildungen analoger Art an den Arterien sind die Carotidendrüse des Frosches, das analoge Gebilde an der Aorta und Pulmonalis der Meerschildkröte und die Steissdrüse des Menschen (Luschka). Dieses namentlich an sympathischen Nervenfasern reiche Gebilde kernreichen Bindegewebes ist ein Convolut ampullärer oder spindelförmiger Erweiterungen der Art. sacralis media (Arnold), von glatten Muskelfasern durchzogen und umlagert.

Die Vasa vasorum sind durch nichts im Bau von den Gefässen gleichen Kalibers unterschieden.

Intercelluläre Blutbahnen. Wandungslose intercelluläre Blutbahnen dünnen Kalibers finden sich in dem Granulationsgewebe der Wunden des Menschen. Anfänglich trifft man nur Blutplasma zwischen den Bildungszellen, später erst treibt der Blutstrom Blutkörperchen durch die Bahnen hindurch. In ganz ähnlicher Weise bildet sich im bebrüteten Ei die erste Anlage der Gefässe aus den Bildungszellen des Keimblattes.

Contractilität muskulöser Gefässe. Unter den Eigenschaften der Blutgefässe ist zunächst ihre Contractilität zu nennen, das Vermögen, durch die in ihren Wandungen sich befindlichen glatten Muskelfasern sich zu verengen. Dieselbe ist selbstverständlich nur an jenen Gefässen vorhanden, welche Muskelfasern enthalten: die Intensität und Kraft, mit welcher die Zusammenziehung geschehen kann, hält mit der Entwickelung der Muskeln gleichen Schritt. *der Capillaren.* Dass auch den Capillaren eine von den Protoplasmakörpern der sie zusammensetzenden Zellen herrührende Bewegung der Wandung unter Erweiterung und Verengerung des Lumens zukomme, ist wahrscheinlich. *Elasticität.* Unter den physikalischen Eigenschaften ist zunächst die Elasticität der Gefässe zu bemerken: ihre Elasticität ist gering (d. h. sie setzen den dehnenden Kräften, wie Druck oder Zug, nur einen geringen Widerstand entgegen), aber sie ist zugleich vollkommen (d. h. sie kehren nach Aufhören der dehnenden Kräfte in ihre frühere Form zurück).

Nach Ed. Weber, Wertheim und Volkmann sollen die Längen der Gefässe (wie die thierischen feuchten Theile überhaupt) nicht den spannenden Gewichten proportional wachsen, sondern sie sollen bei steigender Belastung in ihrer Länge beträchtlich weniger gedehnt werden.

Wundt hat jedoch nach erneuten Versuchen auch den Gefässen die Unterordnung unter das besagte allgemeine Elasticitätsgesetz zuerkennen wollen. Man hat aber nach ihm nicht allein die nach der Belastung zuerst erfolgende Dehnung, sondern auch die nach ihr noch allmählich erfolgende „elastische Nachwirkung" mit zu berücksichtigen. Diese oft sehr langsam fortschreitende endliche Dehnung erfolgt in den letzten Momenten so allmählich, dass eine Beobachtung mit Vergrösserungsgläsern erforderlich ist, um den Zustand der erfolgten definitiven Dehnung festzusetzen. Abweichungen von dem allgemeinen Gesetze kommen allerdings insofern vor, als der Ueberschreitung gewisser Belastungen geringere Dehnungen und zugleich dauernde Verlängerungen nicht selten folgen. K. Bardeleben fand speciell für die Venen, dass (bis zu einer Ausdehnung um 40—50%) sie sich bei Belastung mit gleichmässig wachsenden Gewichten verlängern, proportional den Quadratwurzeln der Belastung. Hierbei ist zunächst von der elastischen Nachwirkung abgesehen. Ohne dass die Elasticitätsgrenze überschritten wird, können normale Venen bis mindestens 50% gedehnt werden. Eine grosse Cohäsionskraft ist überdies den Gefässwandungen eigen, vermöge welcher sie bei selbst erheblicher Spannung im Innern der Zerreissung Widerstand zu leisten vermögen.

72. Pulsbewegung; — Technik der Pulsuntersuchung.

Geschichtliches zur Pulslehre. Wenngleich die Pulsbewegung an den oberflächlich liegenden Schlagadern sicherlich schon im Alterthume bekannt war, so wurde doch mehr dem krankhaft erregten Pulse von Seiten der Aerzte, als dem normalen die Aufmerksamkeit zugewandt. So spricht Hippokrates (460—377 v. Chr.) nur von ersterem und bezeichnet ihn mit dem Ausdruck σφυγμός. Erst später wurde, namentlich von Herophilus (300 v. Chr.), der normale Puls (παλμός) dem krankhaft erregten σφυγμός gegenübergestellt. Dieser Forscher hat überhaupt mit grossem Scharfsinne den Pulsbewegungen im gesunden und krankhaften Zustande nachgespürt. Er legte besonderes Gewicht auf die Zeitverhältnisse der Dilatation und Contraction des Arterienrohres und versuchte sie mit den Zeitzeichen der Musik zu vergleichen. So stellte er für den Puls der Neugeborenen, der Knaben, der Erwachsenen und der Greise besondere Bewegungs-Rhythmen fest. Weiterhin

ist von ihm zu erwähnen, dass er die Eigenschaften der Grösse, der Fülle, der Celerität und der Frequenz mit Schärfe bestimmt hat. Die Unterscheidung des geschwinden (σφυγμὸς ταχύς) und des schnellen Pulses (σφυγμὸς πυκνός) ist richtig in der Art hervorgehoben, dass, um die Celerität zu bestimmen, ein einziger Pulsschlag ausreiche, da es sich um die zeitlichen Verhältnisse der Dilatation und Contraction des Arterienrohres handelt, während für die Frequenzbestimmung lediglich die Feststellung der Zahl der Pulse in einem Zeitabschnitte genüge. Der Zeitgenosse des Herophilus, Erasistratus († 280 v. Chr.), hat zuerst über die Fortpflanzung der Pulswellen richtige Angaben gemacht, indem er ausdrücklich sagt, dass der Puls in den dem Herzen näher liegenden Schlagadern früher auftrete, als in den entfernteren, weil die Pulsbewegung eine vom Herzen ausgehende und peripherisch fortschreitende sei. Diese an sich feine Beobachtung wurde von Galenus auffälligerweise als ein Irrthum verworfen. Von besonderem Interesse, namentlich für die Pathologie des Pulses, ist Archigenes, weil er zuerst dem dikrotischen Pulse seinen Namen gegeben hat, den er in fieberhaften Krankheiten zu beobachten Gelegenheit hatte. Die Untersuchungen endlich des Galenus (131—201 n. Chr.) sind dadurch von Interesse, weil er genauer als seine Vorgänger die Dehnungs- und Contractionsverhältnisse der Schlagader während der Pulsbewegung feststellte. So unterschied er 1. die Ausdehnung der Schlagader, 2. das Verharren in der Ausdehnung, 3. die Zusammenziehung, und 4. das Verharren in der Zusammenziehung. Namentlich erklärte er den pulsus tardus dadurch, dass das Moment der Ausdehnung verlängert sei. Auch hat Galenus den doppelschlägigen Puls zu erklären gesucht, als durch elastische Nachschwingung des systolisch stark gespannten Arterienrohres hervorgebracht. Auch über den Pulsrhythmus, ferner über den Einfluss des Temperamentes, des Geschlechtes, des Alters, der Jahreszeiten, des Klimas, des Schlafens und des Wachens, der Gemüthsbewegungen, der kalten und warmen Bäder, finden wir bei Galenus beachtenswerthe Mittheilungen. — Cusanus (1565) zählte zuerst die Pulsschläge nach der Uhr.

Instrumente zur Pulsuntersuchung.

Instrumental-Untersuchung des Pulses.

Erst mit der Einführung besonderer Instrumente, welche man an der Schlagader selbst applicirte, konnte man über die einzelnen Bewegungsphasen des Gefässrohres sich genauer unterrichten. Abgesehen von denjenigen Werkzeugen, welche nur mit Eröffnung des Arterienrohres die Wellenbewegungen in diesem letzteren nachweisen lassen, sind folgende Werkzeuge der Berücksichtigung werth:

Poiseuille's Kastenpulsmesser.

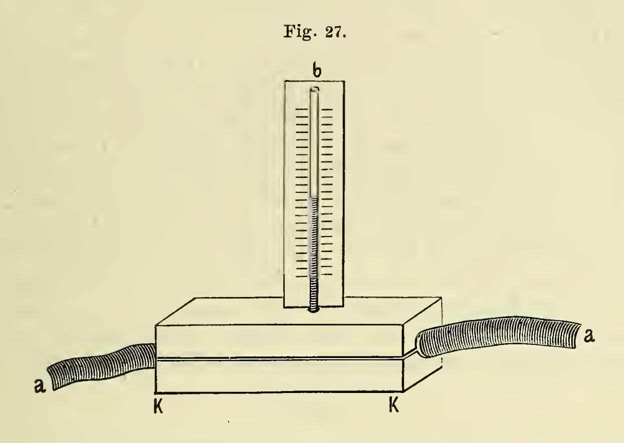
1. Poiseuille's Kastenpulsmesser. Die blossgelegte Arterie (a a) wird in einem mit einer indifferenten Flüssigkeit gefüllten länglichen kleinen Kästchen (K K) eine Strecke weit in der Continuität eingeschlossen. Mit dem Innern des Kästchens communicirt ein bis zu einem gewissen Grade gefülltes, graduirtes, senkrecht aufgerichtetes Röhrchen (b), in welchem die Flüssigkeit steigt und fällt, je nachdem die Arterie stärker gefüllt ist oder weniger Blut enthält. Das Kästchen besteht nach Art einer Schachtel aus Bodenhälfte und Deckelhälfte. An den gegenüber stehenden schmalen Seiten des Kästchens ist je eine runde Oeffnung angebracht, halb dem Bodenstück, halb dem Deckelstück angehörig. Jedes dieser letzteren hat also an seinen schmalen Seiten einen halbkreisförmigen Ausschnitt, welcher mit dem analogen der anderen Schachtelhälfte den kreisförmigen Ausschnitt zusammensetzt, in welchem mit weichem Fett eingedichtet, die Schlagader zu liegen kommt. Poiseuille fand die Ausdehnung der Carotis, während der Systole beim Pferde = $^1/_{23}$, beim Hunde $^1/_{22}$ des Gesammtvolumens des Arterienstückes. Genauere Bewegungseinzelheiten während der Pulsphasen werden von dem Instrumente nicht angegeben.

Hérisson's Röhren-sphygmometer.

2. Das Röhren-Sphygmometer von Hèrisson besteht aus einer Glasröhre, deren unteres Ende mit einer nachgiebigen Membran verschlossen, und im Innern bis zu einer gewissen Höhe mit Quecksilber angefüllt ist. Das mit der Membran verschlossene Ende wurde auf die Haut an solchen Körper-

stellen des Menschen gesetzt, an denen die Schlagadern hinreichend oberflächlich liegen, so dass der Schlag derselben eine Bewegung des Quecksilbers bewirkte.

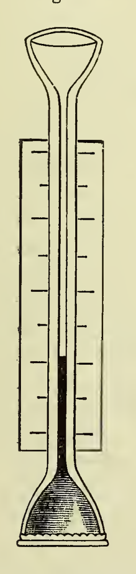
Fig. 27.



Poiseuille's Kastenpulsmesser.
a a die freigelegte Arterie, — *k k* das umgelagerte Kästchen mit der Skala *b*.

Ein derartiges Werkzeug benutzte auch Chelius, und ihm gelang es mittelst dieses Instrumentes die Entdeckung des Doppelschlages am normalen Pulse zu machen. „Nach dem Steigen durch die an dasselbe anschlagende Blutwelle fällt es (das Quecksilber) ebenso plötzlich wieder herab auf seinen tiefsten Stand, nachdem es zuvor an einer mittleren Stelle nochmals einen kurzen Halt gemacht hat."

Fig. 28.



Das Röhren-Sphygmometer nach Hérisson und Chelius.

Vierordt's Sphygmograph.

3. Vierordt's Sphygmograph. Vierordt verliess zuerst das Princip der schwingenden Flüssigkeitssäule und wandte sich behufs Construction seines Werkzeuges dem Hebel zu. In der einfachsten Form benutzte er zuerst versuchsweise einen über den pulsirenden Radialishügel gelegten etwa $1/2$ Fuss langen Strohhalm. Dieser war ihm das einfachste Schema seines Sphygmographen. Das Werkzeug selber, welches im wesentlichen aus einem metallenen einarmigen Hebel besteht, unter welchem nahe am Unterstützungspunkte der Schlag der A. radialis anschlägt, während das freie Ende der Hebelstange eine Schreibvorrichtung trägt, welche in den Russ eines rotirenden Cylinders die mitgetheilten Pulsbewegungen einkratzt, hat keine Verbreitung gefunden.

Marey's Sphygmograph.

4. Marey's Sphygmograph beruht auf einer Combination des Hebels mit einer elastischen Feder. Dieses Werkzeug besteht zunächst aus einer elastischen Feder (A), welche an ihrem einen Ende festgeschraubt (z), an ihrem anderen Ende hingegen frei und mit einer abgerundeten Pelotte (y) versehen ist, bestimmt, mit der Kraft der Feder

gegen die A. radialis anzudrücken. Auf der oberen Seite der Pelotte steht senkrecht eine kleine Zahnstange (k); diese greift, durch eine schwache Feder (e) gedrängt, in eine kleine Rolle ein, von deren Achse (t) ein sehr leichter Holzhebel (v) in fast paralleler Richtung mit der elastischen Feder sich hin erstreckt. Dieser Schreibhebel trägt an seinem äusseren Ende eine zarte Spitze (s), welche bestimmt ist, in der berussten Fläche eines Täfelchens (P), welches durch ein Uhrwerk (U) an der Schreibspitze vorbeigeführt wird, die Pulsbewegungen einzukratzen. Das Marey'sche Werkzeug ist als ein zuverlässiges zu betrachten, und hat dasselbe eine grosse Verbreitung gefunden.

Für die Application des Instrumentes sei noch bemerkt, dass dasselbe der Länge nach auf der Volarfläche des entblössten Vorderarmes zu liegen kommt, so dass die Pelotte auf der A. radialis, das Uhrwerk nebst Täfelchen gegen die Ellenbeuge hinaufragt. In dieser Lage wird es durch zwei auf der volaren Fläche des Vorderarmes aufruhende längliche Schienen S durch eine Schnur befestigt. Es sei

Fig. 29.

Marey's Sphygmograph (schematisch).

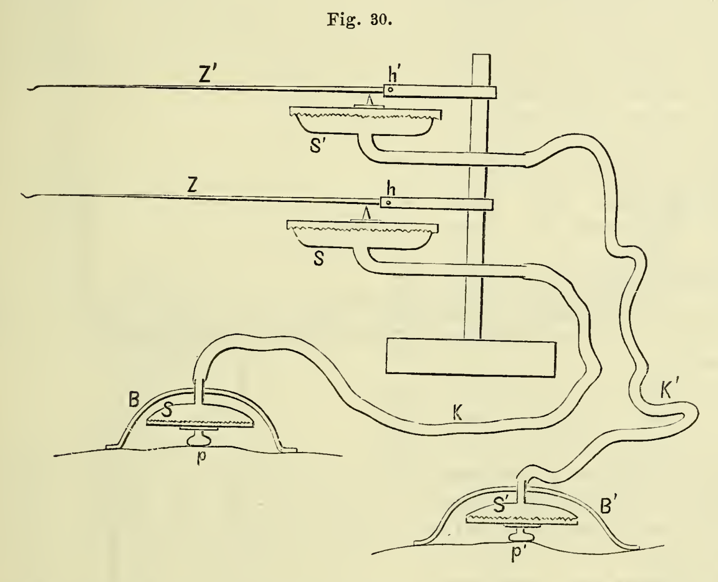
endlich noch bemerkt, dass an dem Apparate bei H noch eine starke Hilfsschraube befestigt ist, durch welche man auf die elastische Feder A einwirken kann. Wird sie stark angeschraubt, so wird die Feder niedergepresst, daher härter, unnachgiebiger und schwerer beweglich, wird sie ganz zurückgeschraubt, so hat A freien Spielraum und die Pelotte y liegt höher.

Marey's Pulszeichner mit elastischen Trommeln.

5. Marey's neuester Pulszeichner nach dem Princip der compressibeln Ampullen ist in der letzten Zeit von diesem Forscher vorwiegend zur Anwendung gebracht. Auch der Pansphygmograph von Brondgeest beruht auf demselben Principe. Zur Erklärung des letzteren diene die beistehende Skizze. Zwei Paare tellerförmiger Metallschüsselchen (S S und S′ S′) sind in der Mitte des Grundes von einem dünnen Metallröhrchen durchsetzt. Die Enden dieser letzteren sind je durch einen Kautschukschlauch (K und K′) verbunden. Die sämmtlichen vier Tellerchen sind mit einer Kautschukmembran überspannt. Von der Mitte der zwei Kautschukmembranen S und S′ ragt je eine knopfförmige Pelotte (p und p′) hervor, welche auf der pulsirenden Schlagader applicirt wird. Um dieselben hier zu fixiren, dienen die Metallbügel B und B′, welche sich auf der umgebenden

Haut stützen. Von der Mitte der zwei andern Kautschukmembranen, welche horizontal nach oben ausgebreitet sind, ragt je ein kleines scharfes Plättchen hervor, welches dicht je am Hypomochlion (h und h') des einarmigen, sehr leichten Schreibhebels Z und Z' liegt. Es ist einleuchtend, dass ein Druck auf die Pelotten (p und p') der einen Kautschukmembranen die anderen emporwölben macht, wodurch vermittelst des genannten Plättchens die Bewegung auf den Schreibhebel übertragen wird. Das in beigefügter Skizze gezeichnete Werkzeug hat den gesammten Registrirapparat doppelt, man kann ein solches Instrument mit den beiden Pelotten auf zwei verschiedenen Schlagadern appliciren, zumal wenn es sich um den Nachweis handelt,

Fig. 30.



Brondgeest's Pansphygmograph nach Marey's Princip der Uebertragung der Bewegung durch lufthaltige, mit elastischen Membranen überspannte Trommeln construirt; — zugleich als Schema für Marey's Kardiograph.

dass an den dem Herzen näher gelegenen Schlagadern der Puls eher eintritt, als an den entfernter belegenen. Die so construirten Werkzeuge sind zwar sehr bequem zu handhaben, allein die Prüfung hat gezeigt, dass dieselben plötzlich erfolgende Druckschwankungen durch Eigenschwingungen in hohem Grade entstellen, während sie allerdings weniger plötzliche Schwankungen nach Umständen mit ziemlicher Genauigkeit registriren (Donders). Ueberdies erfolgt die Bewegung des Schreibhebels Z nicht völlig isochron mit der der Pelotte p, weshalb alle nach diesem Principe construirten Werkzeuge zu genauen zeitlichen Bestimmungen nicht besonders tauglich sind. Man kann den ganzen Apparat natürlich auch mit Wasser füllen, was ihn für langsamere Bewegungen genauer macht, während die Luftfüllung mehr

für schnell wechselnde Perioden passt, wie die Pulsbewegungen sie aufweisen. Es verdienen daher diese sämmtlichen Werkzeuge kein allzugrosses Vertrauen.

Landois' Angiograph.

6. Der Angiograph von Landois. An dem einen Ende der als Basis dienenden Platte G G erhebt sich das Zapfenpaar p, zwischen deren oberen Theilen der Hebel d r zwischen Spitzen frei beweglich ist. Dieser Hebel trägt an seinem längeren Arme eine abwärts gerichtete Pelotte e, welche auf dem Pulse liegen soll. Der kürzere Hebelarm an der anderen Seite trägt ein Gegengewicht d, so schwer, dass der ganze Hebel im Gleichgewicht ruht. Nach oben hin trägt der lange Arm bei r die federnde Zahnstange h, welche gegen eine gezähnte Rolle drückt. Letztere ist unbeweglich befestigt auf der Achse des sehr leichten Schreibhebels e f, der, gleichfalls zwischen Spitzen laufend, durch ein paar Stützen q getragen, an dem entgegengesetzten Ende der Grundplatte G G angebracht ist. Auch der Schreibhebel ist durch ein kleines Gewichtchen vollkommen im Gleichgewichte. Von der Spitze des Schreibhebels l hängt, im Charniergelenk befestigt, leicht beweglich, die Schreibnadel k, welche durch das Gewicht ihrer Schwere gegen das schräg geneigte Täfelchen t (in der Abbildung von der schmalen Kante gesehen) sich anlehnt und beim Auf- und Niedergehen mit minimalster Reibung die Curve in die zart berusste Fläche des Schreibtäfelchens einradirt. Der erstgenannte Hebel d r trägt ungefähr dem Abgange der Pelotte e gegen-

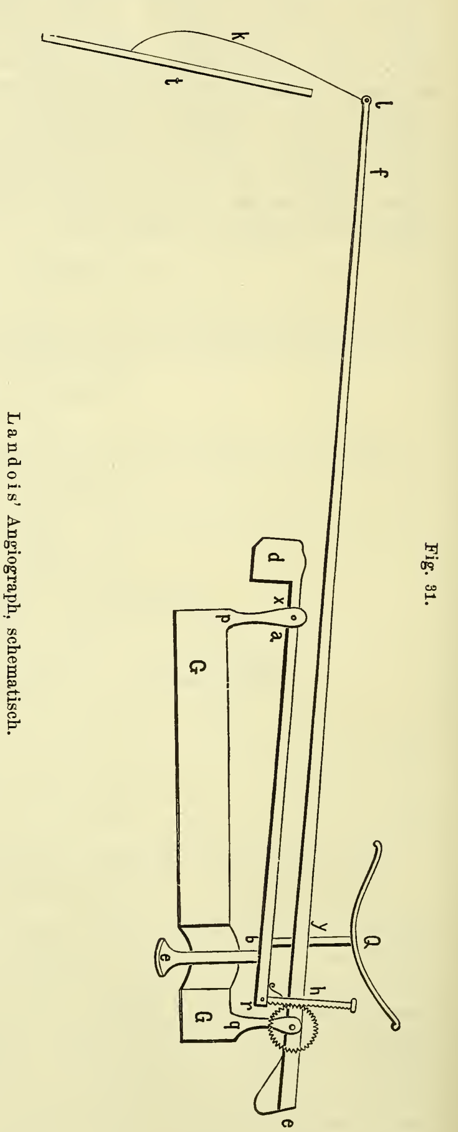
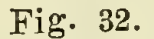
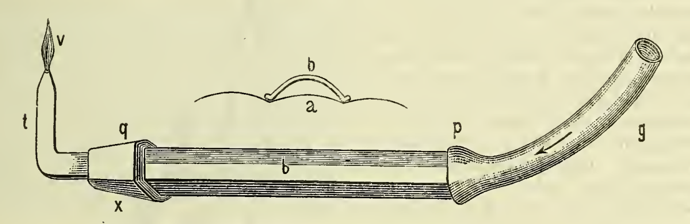


Fig. 31. Landois' Angiograph, schematisch.

über die aufwärts gerichtete gestielte flache Schale Q, auf welche Gewichte gelegt werden sollen, um den Puls zu belasten. Die Vorzüge des Werkzeuges bestehen darin: 1. dass der Grad der Belastung stets nach Belieben gewechselt und ganz genau angegeben werden kann, 2. dass der Schreibstift stets im Contact mit der Schreibtafel ist und dennoch mit minimalster Reibung zeichnet, und 3. dass der Schreibhebel im senkrechten Auf- und Niedergehen zeichnet und nicht in Bogenführung wie beim Marey'schen Apparate, was die genauere Betrachtung und Ausmessung der Curven ganz wesentlich erleichtert. Sommerbrodt hat bei Construction seines Pulszeichners die in meinem Angiographen ausgeführten Verbesserungen acceptirt. — Für die Wahl des Pulszeichners muss als Grundsatz gelten, dass derjenige der vollkommenste ist, und seine Curven mit den wirklich in der Arterie vor sich gehenden Druckvariationen am genauesten übereinstimmen, bei welchem die Widerstände im Apparate selbst

Wahl des Pulszeichners.


Fig. 32.



Landois' Gas-Sphygmoskop.

gering sind, diejenigen Theile, welche die grössten Bewegungen ausführen, möglichst leicht sind, jene Masse des Werkzeuges jedoch, welche direct durch die arterielle Bewegung in Mitbewegung versetzt wird, selbst durch bedeutende Kräfte nur eine geringe Verschiebung aus der Gleichgewichtslage erleidet (Mach).

Das Gasspnygmoskop, — das Photographiren der Pulsbewegung, — die Hämautographie, — die mikrophonische Untersuchung des Pulses.

Landois' Gas-sphygmoskop.

Die oberflächlich liegenden Schlagadern, welche ihre Bewegung der darüber liegenden Haut mittheilen, werden natürlich durch die Mitbewegung dieser Hautschicht auch diejenigen Lufttheilchen mit in Bewegung setzen, welche der Haut anliegen. Man sperrt nun die dünne Luftschichte oberhalb des pulsirenden Hautbezirkes durch eine sehr seichte Metallrinne b ab, welche so auf die Haut gelegt wird, dass ihre Convexität wie ein kleiner Tunnel die Arterie bedeckt. Den sehr engen Zwischenraum zwischen der Metallwand und der Haut füllt man mit Leuchtgas. Zu dem Behufe verbindet man mit dem einen Ende des Metalltunnels einen zuleitenden Gasschlauch g, mit dem anderen Ende hingegen setzt man durch ein kurzes Kautschukzwischenstück x q ein knieförmig aufwärtsgebogenes Röhrchen t in Verbindung, dessen Spitze eine nadeldünne Oeffnung zum Ausströmen des Gases durchbohrt. Man lässt das Gas bei geringem Drucke durch den Metalltunnel streichen und regulirt das Zuströmen so, dass die

Flamme v nur wenige Millimeter gross ist. Man erkennt nun mit Leichtigkeit, dass die Flamme isochron mit jedem Pulsschlage anwächst und beim Niedergehen einen vollkommen deutlich markirten Nachschlag zeigt. Das Werkzeug ist darum von Bedeutung, weil es den Doppelschlag des normalen Pulses anzeigt, ohne dass durch den Schlag des Pulses eine feste Masse eines Instrumentes in Bewegung gesetzt würde. Es ist daher jegliches Nachschwingen aus Trägheitsmomenten eliminirt.

Photographiren des Pulses.

Ebenfalls von dem Gedanken geleitet, für die Darstellung der Pulsbilder alle bewegte Masse von Instrumenten, welche aus Trägheitsmomenten fehlerhafte Nachschwingungen bereiten könnten, zu vermeiden, hat Czermak das Photographiren des Pulses vorgeschlagen. Er machte darauf aufmerksam, dass sich von dem pulsirenden Radialishügel ein bedeutend vergrösserter Schattenriss erzeugen lasse, wenn man den Focus einer Linse von passend gewählter Brennweite der Arterie von einer Seite so nähert, dass dieselbe nahe am Brennpunkt in den divergirenden Strahlenkegel zu liegen kommt. Die Lichtstrahlen verhalten sich dann genau wie ein Fühlhebel, dessen Umdrehungspunkt mit dem Focus zusammenfällt. Durch eine enge verticale Spalte eines Schirmes hindurch lässt sich dann eine schmale Lichtlinie erhalten, die sich genau entsprechend den Bewegungen der Arterienwand verkürzen und verlängern wird. Lässt man diese Lichtlinie in eine Camera eintreten, deren Hintergrund eine sich gleichmässig seitlich bewegende, lichtempfindliche, photographische Platte bildet, so gelingt es, ein photographisches Bild der Pulsbewegung zu erhalten.

Fig. 33.

Hämautographische Curve aus der Arteria tibialis postica eines grossen Hundes: — *P* die primäre Pulswelle, — *R* die Rückstosselevation; — *e e* Elasticitätselevationen.

Hämautographie von Landois.

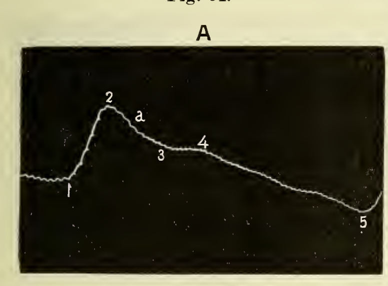
Hämautographie (Landois). Durchschneidet man bei Thieren eine freigelegte Schlagader, so dass der Blutstrahl frei hervorspritzt, und fängt man den letzteren auf einer in einiger Entfernung senkrecht vorbeigezogenen Glasplatte oder einem Papierbogen auf, so verzeichnet der Blutstrahl eine Curve, welche im höchsten Masse übereinstimmt mit der durch den Pulszeichner registrirten normalen Curve dieser Arterie (Landois). Man erkennt ausser der primären Elevation (P) deutlich die Rückstosselevation (R) und Elasticitätsschwankungen (e e). Wir werden durch diese Selbstregistrirung der Blutwelle davon überzeugt, dass die Bewegung in der Blutflüssigkeit selber ihren Sitz hat, und dass diese Bewegung als Wellenbewegung sich der Arterienwandung mittheilt. Bestimmt man die Blutmasse, welche in den einzelnen Theilen der hämautographischen Curve hingespritzt liegt, so kann man daraus entnehmen, 1. dass die aus der querdurchschnittenen Schlagader hervortretenden Blutmassen während der ganzen Dauer einer Systole und Diastole des Schlagaderrohres (d. h. während der Verengerung und der Dehnung) sich annähernd verhalten wie 7 : 10. Es fliesst ferner in einer Zeiteinheit der Arteriendehnung etwas mehr wie doppelt so viel Blut als in einer Zeiteinheit während der Verengerung aus dem durchschnittenen Arterienrohr aus. — Klebt man auf den pulsirenden Radialishügel mit etwas Wachs ein senkrecht emporstehendes Drähtchen, welches das Kohlenverbindungsstück eines darüber gehaltenen Mikrophons berührt, so vernimmt man durch das Telephon deutlich den primären

Mikrophon-Untersuchung des Pulses.

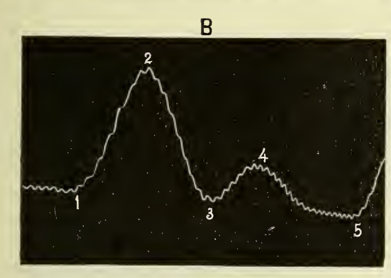
Pulsschlag und die Rückstosselevation, unter günstigen Verhältnissen sogar die Stösse von zwei Elasticitätselevationen zwischen diesen beiden Erhebungen (Landois). Alle diese Proceduren geben keinen genaueren Einblick in die Pulsbewegung als die Registrirung der Curven. Sie sind aber dadurch wichtig, dass sie den oft erhobenen Vorwurf entkräften, die secundären Erhebungen an den Pulscurven seien Artefacte, hervorgerufen durch Nachschwingungen der Zeichenhebel.

Fig. 34.

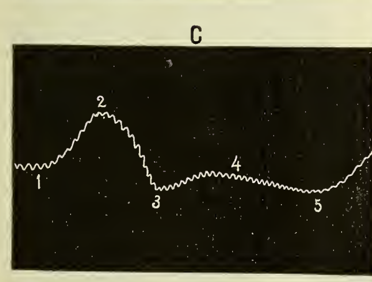
A



B



C



Die Pulscurve der Carotis, Radialis und Tibialis postica desselben Individuums (mittelgrosser gesunder Student) durch Landois' Angiograph auf schwingender Stimmgabelplatte verzeichnet. Jeder Zacke entspricht 0.01613 Sekunde.

Bezeichnung der Pulscurven.

Bezeichnungen der Pulscurve. Man unterscheidet an jeder Pulscurve den aufsteigenden Curvenschenkel, den Gipfel und den absteigenden Curvenschenkel. Zackenartige Erhebungen, welche man im absteigenden Schenkel findet, nennt man katakrote Erhebungen, die im aufsteigenden anakrote Erhebungen (Landois). Im absteigenden Curvenschenkel werden Erhebungen kaum jemals vermisst, während der aufsteigende Schenkel fast immer als einfach aufsteigende Linie sich darbietet. Kommt im absteigenden Schenkel die später genau zu beschreibende Rückstosselevation einmal oder zweimal zur Ausprägung, so heisst die Pulscurve dikrot oder trikrot.

Katakrote und anakrote Erhebungen.

Methode des Curven-Zeichnens.

Methode des Curvenzeichnens. Man zeichnet am besten die Pulscurven auf glattes Visitenkarten- oder Kreidepapier, welches über einer qualmenden Petroleumlampe einen nur dünnen, bräunlich durchschimmernden Russüberzug erhalten hat. Zur Fixirung taucht man das Täfelchen in eine Auflösung von Schellack in Weingeist.

Ausmessung der Pulscurven,

Ausmessung der Pulscurven. Bewegt sich das Pulstäfelchen mittelst des Uhrwerks mit gleichmässiger Geschwindigkeit, so kann man durch Auflegung eines feinen Massstabes die verticale Höhe und die horizontale Länge der einzelnen Curventheile messen. Weiss man, um eine wie grosse Strecke sich das Pulstäfelchen in einer Secunde fortbewegt, so ergibt die Ausmessung Anhaltspunkte für die Dauer der einzelnen Theile in der Pulsbewegung. Genaue Messungen dieser Art müssen unter dem Mikroskope (bei schwacher Vergrösserung und auffallendem Lichte) mit einem Ocularmikrometer ausgeführt werden. Die zu messenden Abschnitte werden dann zwischen zwei anzubringende Linien gebracht, welche bei den Pulszeichnern, welche wie der Marey'sche Sphygmograph unter Bogenführung schreiben, Kreisbogenlinien (der Schreibhebel als Radius), beim Angiographen Senkrechte sein müssen.

unter dem Mikroskope.

Ausmessung auf schwingender Stimmgabelplatte.

Ganz besonders bequem ist es, wenn man die Curve aufschreibt auf eine Tafel, welche an einer Branche einer in Schwingung versetzten Stimmgabel befestigt ist (Landois). Es tragen alsdann alle Theile der Curve in zierlichsten Zähnelungen die Vibrationen der Gabel (deren Schwingungszahl bekannt ist) in sich, ohne dass hierdurch das Curvenbild selbst eine Verzerrung erlitten hätte. Das Zählen der einzelnen Oscillationen genügt ganz allein, um über die zeitliche Entwickelung der ganzen Curve und ihrer Theile Aufschluss zu geben.

Die vorstehende Figur 34 gibt uns drei Curven, A von der Carotis, B von der Radialis, und C von der Tibialis postica eines etwas über mittelgrossen gesunden Studenten, welche ich durch meinen Angiographen auf schwingender Stimmgabelplatte verzeichnen liess. Die Masse sind hier folgende:

	Carotis	Radialis	Tibialis postica
1—2	7	7	8
1—a	11	—	—
1—3	17	16	19
1—4	23,5	22,5	28
1—5	56	39	49

Weniger genau lässt sich messen, wenn man gleichzeitig bei Verzeichnung der Pulscurven unter denselben die Schwingungen einer Stimmgabel auf das Täfelchen des Sphygmographen markiren lässt (Landois).

Es soll bei dieser Gelegenheit bemerkt werden, dass man auch andere Bewegungen mit grossem Vortheile auf die schwingende Stimmgabelplatte zur Eruirung der zeitlichen Verhältnisse verzeichnen lassen kann, z. B. Muskelzuckungen. Markirt man hierbei durch einen kurzen Schlag auf die Gabel das Moment der Reizung, so ist zugleich die latente Reizung sichtbar. Der Schlag kann selbst der mechanische Nervenreiz sein, oder es kann durch ihn eine Kette geschlossen werden. Auch für anderweitige physiologische Zeitmessungen dürfte diese Methode den gebräuchlichen überlegen sein.

73. Die Rückstosselevation

und die Elasticitätsschwingungen an den Pulscurven.

Die Pulscurve.

Verzeichnet man vermittelst des Pulszeichners genaue Curven, so erkennt man zuerst den aufsteigenden Schenkel, sodann den Gipfel (P), und endlich den absteigenden Schenkel. Als die hervorragendste Eigenschaft der Pulscurve nimmt man zwei völlig verschiedene Erhabenheiten im absteigenden Curvenschenkel wahr. Die auffälligste ist ein etwa in der Mitte sich befindender, meist deutlich markirter Hügel (R), den man mit dem Namen des dikrotischen Nachschlages, oder mit Bezug auf ihre Entstehung als Rückstosselevation bezeichnet hat.

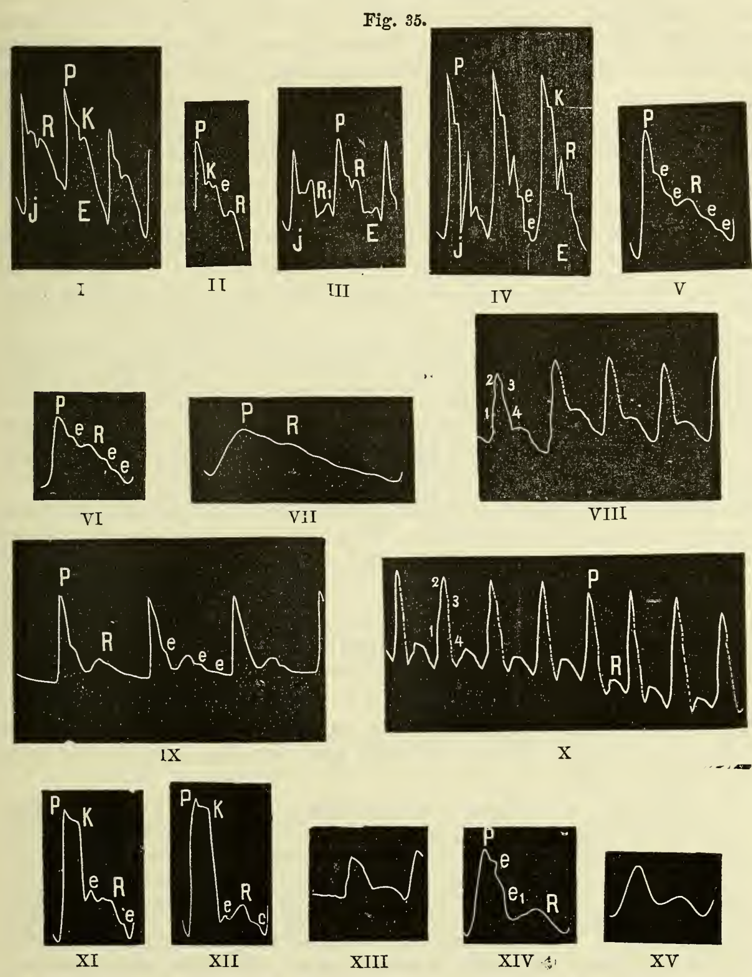
I. Entstehung und Eigenschaften der Rückstosselevation.

Wesen der Rückstoss-Elevation.

Die Rückstosselevation (auch secundäre, oder dikrotische, oder Schliessungswelle genannt), entsteht in folgender Weise:

Nachdem durch die Systole des Ventrikels in dem Arteriensystem das eingetriebene Blut eine positive Welle erregt hat, welche schnell von der Aorta beginnend, alle Arterien fort-

Fig. 35.



I II III Pulscurven der Arteria carotis, — IV der Axillaris, — V—IX der Radialis, — X doppelschlägiger Puls der Radialis. — XI XII Pulscurven der Cruralis, — XIII der Tibialis postica, — XIV XV der Pediaea. — In allen Curven bezeichnet P den Curvengipfel; — R die Rückstosselevation; — *e e* Elasticitätselevationen; — *k* die Erhebung durch den Klappenschluss der Semilunarklappen der Aorta bedingt.

schreitend ausdehnt, bis zu den feinsten Arterienzweigen, in denen diese primäre Welle erlischt, so ziehen sich nun, sobald mit vollendetem Schluss der Semilunar-Klappen kein Blut mehr nachströmen kann, die Arterien wieder zu-

sammen. Durch die Elasticität und die active Contraction wird nun auf die Blutsäule ein Gegendruck ausgeübt. Das Blut wird zum Ausweichen gezwungen. Nach der Peripherie hinströmend, findet es nirgends ein Hinderniss, gegen das Centrum aber weichend, prallt es von den bereits geschlossenen Semilunar-Klappen zurück. Durch diesen Anprall des Blutes wird eine neue positive Welle erzeugt, welche nun wieder peripherisch in die Arterienröhren hin fortschreitet und in den äussersten feinen Zweigen dieser letzteren erlischt. In dem Falle nun, dass die Zeit für die volle Entwickelung der Pulscurve hinreichend gross ist, kommt es an einigen Arterien (namentlich an den kurzen Strecken der Carotiden, aber auch noch der oberen Extremitätenschlagadern, dagegen nicht wegen ihrer grossen Länge an den unteren Extremitätenschlagadern), noch zur Bildung einer zweiten Reflexionswelle in derselben Weise, wie die erste sich entwickelte. In ganz ähnlicher Weise, wie der Puls an den mehr peripherisch liegenden Arterien später auftritt als an den dem Herzen nahe liegenden, ebenso muss auch die durch das Zurückprallen des Blutes von den Aortenklappen entstehende secundäre Welle in den peripherischen Arterien später erscheinen. Beide Arten der Wellen, die primäre Pulswelle, die secundäre, eventuell auch die tertiäre Rückstosswelle haben ja gleichen Entstehungsort und gleichen Verlauf, und je grösser ihr Weg ist, den sie bis zu einer bestimmten Schlagaderstelle zurückzulegen haben, um so später kommen sie an ihrem Ziele an.

Ueber die Rückstosselevation haben die Untersuchungen noch folgende Hauptgesetze aufgeklärt:

Gesetze über die Entwickelung der Rückstoss-elevation.

1. Die Rückstosselevation erscheint im diastolischen Curventheile um so später, je länger die Arterie ist, vom Herzen bis zu ihrer Peripherie gemessen (Landois 1863). (Man vergleiche und berechne sich die Curven der Figur 34.)

Der kürzeste zugängliche Schlagaderbezirk ist der der Carotiden. Hier erreicht die Rückstosselevation nach Beginn des Pulses ihre höchste Höhe nach ungefähr 0,35—0,37 Secunden. Die zweitlängste erreichbare Arterienstrecke ist die der oberen Extremität. Hier bildet sich der Gipfel der Rückstosselevation etwa 0,36—0,38—0,40 Secunden nach dem Anfange der Pulsbewegung aus. Die längste Strecke ist die der Arterien der unteren Extremität. Der Gipfel der Rückstosselevation liegt hier 0,45—0,52—0,59 Secunden hinter dem Fusspunkte der Curve, je nach der Grösse des Individuums. Natürlich erfolgt auch bei Kindern und kleinen Individuen die Rückstosselevation dem entsprechend in allen Arterien früher. Verbindet man mit der Carotis oder Cruralis eines Hundes ein Kautschukrohr, so kann man auch auf diesem die Pulscurve zeichnen lassen. Es entsteht natürlich die Rückstosselevation um so später, je länger das Rohr ist (Landois).

2. Die Rückstoss-Elevation tritt um so niedriger am absteigenden Curvenschenkel auf (Naumann) und ist um so undeutlicher ausgeprägt (Landois), je weiter die Arterie vom Herzen entfernt liegt. Es ist nicht

auffallend, dass die secundäre Welle, je weiter sie im Arterienrohre fortschreiten muss, um so kleiner wird und um so mehr ihre deutliche Ausprägung einbüsst.

3. Die Rückstoss-Elevation fällt am Pulse um so deutlicher aus, je kürzer und kräftiger die primäre Pulswelle war (Marey, Landois). Sie ist daher bei einer kurzen, energischen Systole des Herzens relativ am grössten.

4. Die Rückstoss-Elevation ist um so grösser, je geringer die Spannung im Arterienrohre ist. (Marey, Landois.)

Wir kennen eine Anzahl von Einflüssen, welche auf die Spannung im Arterienrohre Einfluss haben. Herabsetzend auf die Spannung wirken die Inspiration, der Aderlass, Aussetzen der Herzaction, Wärme, erhobene Position des Körpertheiles. Erhöhend auf die Spannung wirken die Exspiration, beschleunigter Herzschlag, Erregung der vasomotorischen Nerven, erschwerter Abfluss des Blutes an der Peripherie, etwa durch entzündliche Stauungen (Knecht), gewisse Gifte, wie Blei, Compression anderer grosser Arterienstämme, Einwirkung der Kälte auf die kleinen Gefässe der Haut und ebenso der Elektricität, Behinderung des Abflusses des venösen Blutes. Ebenso hat das Freilegen und Entblössen der Arterienstämme in Folge der Reizung, welche der Zutritt der atmosphärischen Luft zu der Oberfläche auf die Gefässhaut ausübt, grössere Spannung des Gefässes zur Folge (Landois). Ausserdem finden wir eine vermehrte Spannung der Arterien bei verschiedenen krankhaften Zuständen.

Allen diesen Zuständen entsprechend wird sich allemal die erhöhte Spannung durch eine erniedrigte, undeutlichere, die geringere Spannung im Arterienrohre hingegen durch eine vergrösserte, mehr selbstständig hervortretende Rückstosselevation erkennen lassen. Die Beachtung der vorbenannten Gesetze über die Rückstoss-Elevation hat grosse praktische Bedeutung für die Pulsuntersuchung. Moens hat neuerdings die Angabe gemacht, dass die zwischen der primären Elevation und der Rückstosselevation verstreichende Zeit zunehme, wenn der Durchmesser des Gefässes zunehme, wenn die Wanddicke abnehme, wenn der Elasticitätscoëfficient kleiner werde.

II. Entstehung und Eigenschaften der Elasticitäts-Elevationen.

Wesen der Elasticitäts-elevationen.

Ausser der Rückstoss-Elevation erkennt man an den Pulscurven noch eine ganze Anzahl zwar zahlreicherer, aber viel weniger ausgeprägter, oft nur wenig angedeuteter Bewegungserscheinungen. Diese (in Figur 35 mit e e bezeichnet) entstehen dadurch, dass das durch die Pulswelle schnell und energisch gedehnte elastische Rohr wie eine gespannte elastische Membran erzittert, ebenso wie eine ausgespannte elastische Kautschuklamelle, wenn dieselbe plötzlich und energisch angezogen und gespannt wird, unter Oscillationen in den gedehnten Zustand übergeht. Auch bei dem plötzlichen Uebergang aus dem gespannten Zustande in den erschlafften, muss das elastische Rohr oscillirende Bewegungen zeigen. Man nennt diese durch die elastischen Schwingungen der Arterienwand hervorgerufenen kleinen Erhöhungen an den Pulscurven die Elasticitäts-Elevationen (Landois 1869).

Da die Elasticitäts-Elevationen den Schwingungen der gespannten Gefässmembran ihren Ursprung verdanken, so ergeben sich leicht die Aufschlüsse über folgende Thatsachen (Landois):

Einflüsse auf die Entwickelung der Elasticitäts-Elevationen.

1. Die Elasticitätsschwankungen nehmen in einer und derselben Arterie an Zahl zu mit dem Grade der Spannung der elastischen Arterienmembran. Eine besonders hohe Spannung hat man namentlich im Kältestadium des kalten Fiebers beobachtet und gerade hier ist die augenscheinliche Vermehrung der Elevation beobachtet worden.

2. Ist die Spannung der Arterienmembran beträchtlich herabgesetzt, so können die Elasticitäts-Elevationen ganz wegfallen. Da die Verminderung der Spannung die Entwickelung der Rückstoss-Elevation begünstigt, so stehen rücksichtlich ihrer Ausbildung die beiden Arten der Elevationen in einem einigermassen gegensätzlichen Verhältnisse.

3. Bei solchen Erkrankungen der Gefässwandungen, welche die Elasticität derselben beeinträchtigen oder sogar vernichten, werden die Elasticitäts-Elevationen entweder stark verkleinert, oder sogar völlig ausgelöscht.

4. Je weiter vom Herzen die Arterie entfernt ist, um so höher treten an dem absteigenden Curvenschenkel die Elasticitäts-Elevationen hervor.

5. Bei Steigerung des mittleren Druckes in der Arterie in Folge behinderten Blutabflusses in den Arterien rücken die Elasticitäts-Elevationen höher gegen den Curvengipfel empor.

6. Die Elasticitäts-Elevationen sind rücksichtlich ihrer Zahl und ihrer Lage in den Pulscurven der verschiedenen Arterien des menschlichen Körpers verschieden.

Durch Untersuchungen über die Wellenbewegungen in elastischen Kautschukröhren ist über alle die Pulsbewegungen betreffenden Punkte viel Licht verbreitet worden. An ihnen lassen sich daher die Gesetze der Pulsbewegung am einfachsten demonstriren.

74. Der doppelschlägige Puls (Pulsus dicrotus).

Der doppelschlägige Puls,

Mitunter beobachtet man beim Menschen unter der Einwirkung hoher Fiebergrade, dass der Puls sich aus zwei Schlägen zusammensetzt (Figur 35. X.), von denen der erste gross, der zweite klein und wie ein Nachschlag erscheint. Allemal einem Paare derartiger ungleicher Schläge entspricht eine Systole des Herzens. Man ist mittelst des Tastgefühles vollkommen im Stande, die beiden ungleichen Schläge einzeln herauszufühlen. Früher hielt man diesen, schon dem

schon im Alterthume bekannt,

Archigenes bekannten Doppelschläger, für eine eigenartige und lediglich krankhafte Erscheinung, und es hat nicht an den verschiedensten Erklärungsversuchen für dieselbe gefehlt. Durch die Erforschung des Pulses mittelst des Pulszeichners ist man darüber belehrt worden, dass der doppelschlägige Puls nur eine Steigerung einer normalen Erscheinung am Pulse sei. Der fühlbare

Nachschlag ist nämlich nichts anderes, als die stark vergrösserte Rückstosselevation, welche unter normalen Verhältnissen für den tastenden Finger nicht erkennbar ist, hingegen unter dieser krankhaften Vergrösserung auch durch das Tastgefühl erkannt wird. Fragen wir, welche Ursachen die Rückstosselevation zu einer so beträchtlichen Grösse anwachsen lassen können, so haben mich meine Untersuchungen zu folgenden Resultaten geführt:

entsteht durch Vergrösserung der Rückstoss-elevation.

1. Zur Entstehung des pulsus dicrotus wirkt begüustigend eine kurze primäre Pulswelle, wie sie in der Regel beim Fieber, in welchem das Herz sich schnell und relativ unergiebig zusammenzieht, geliefert wird.

Begünstigende Einflüsse auf den P. dicrotus.

2. Zur Entstehung des Doppelschlägers wirkt begünstigend eine verminderte Spannung im arteriellen Systeme. Eine kurze Systole bei verminderter Arterienspannung liefert die günstigsten Bedingungen für die Entstehung des dicrotischen Pulsschlages. Mitunter erscheint der doppelschlägige Puls nur an einem bestimmten Gebiete der Schlagader, während an allen anderen nur ein einfacher Schlag zu fühlen ist. Namentlich ist dieses mitunter der Fall an der a. radialis der einen oder der anderen Seite. Es müssen in diesem Falle in dem Arterienbezirke für die Entstehung der Dicrotie besonders günstige Verhältnisse vorwalten. Diese beruhen in der localen Verminderung der Gefässspannung des betreffenden Bezirkes in Folge einer Lähmung der vasomotorischen Nerven dieser Gefässprovinz (Landois). Vermehrt man hier die Spannung, wie es leicht geschieht durch Compression benachbarter oder anderer grösserer Arterienstämme oder durch die Compression der abführenden Venen, so verwandelt sich der Doppelschläger in den einfachen Pulsschlag.

3. Zur Entstehung des pulsus dicrotus ist es unbedingt nothwendig, dass die Arterienwandung die normale Elasticität besitze. Bei alten Individuen mit verkalkten Arterienwänden kommt der Doppelschläger nicht zur Erscheinung (Landois). Im Fieber scheint es die erhöhte Temperatur (39°—40° C.) zu sein, welche den Doppelschläger hervorruft (Riegel), wodurch die Arterien mehr gedehnt, der Herzschlag kürzer und prompter wird.

75. Verschiedenheit der zeitlichen Verhältnisse des Pulses.

1. Pulsus frequens und rarus.

Je nachdem in einer Zeiteinheit, etwa in der Minute, wenige oder viele Pulsschläge erfolgen, nennt man den Puls einen frequenten oder seltenen. 71 Schläge zählt der normale Männerpuls in der Minute, etwas mehr der Frauenpuls. Unter der Einwirkung des Fiebers oder anderer Agentien kann die Zahl der Pulse beträchtlich steigen bis 120 und darüber. Verminderung der Pulsschläge werden in einzelnen Fällen bis gegen 40 beobachtet. Doch werden in sehr seltenen Fällen diese Grenzen nach beiden Seiten überschritten. In periodischen Anfällen zählte Bowles 250 Pulsschläge; von der andern Seite De Haen 10—15, Hartog 17, Cornil 14 Schläge innerhalb einer Minute. In derartigen anfallartigen Schlagveränderungen ist an eine Affection der Herznerven zu denken.

Pulsfrequenz.

2. Pulsus celer und tardus.

Entwickelt sich die Pulswelle in der Art, dass die Dehnung des Arterienrohres nur allmählich bis zu ihrem Höhepunkt erfolgt, und ebenso das Zusammensinken der gespannten Ader allmählich stattfindet, so haben wir den pulsus tardus (gedehnter Puls); im entgegengesetzten Falle entsteht der geschwinde Puls (pulsus celer, schnellender Puls). Solche Momente, welche die Pulscelerität vergrössern, sind: Kürze der Herzaction, Nachgiebigkeit der Arterienmembranen, leichter Abfluss des Blutes durch Erweiterung der kleinsten Arterien, grössere Nähe des Herzens. Wie schon Herophilus richtig mittheilt, genügt also, um die Celerität des Pulses zu bestimmen, nur ein einziger Pulsschlag, für die Frequenzbestimmung bedarf es der Zählung einer ganzen Reihe in einem gegebenen Zeitabschnitte. Der P. celer hat hohe Curvenschenkel und einen

Pulscelerität.

kleinen Winkel am Gipfel, der P. tardus hat kurze Schenkel (zumal der aufsteigende ist besonders niedrig) und einen grossen Winkel am Gipfel.

Auf die Pulsfrequenz haben Einfluss:

3. Einflüsse auf die Pulsfrequenz.

Der normale erwachsene Mann hat 71—72 Pulsschläge in einer Minute (Kepler), das Weib einige Schläge mehr. Weiterhin sind die folgenden Einflüsse beachtenswerth:

Das Alter,

a) Das Alter:

	Schläge in der Minute		Schläge in der Minute
Neugeborener	130—140	10.—15. Jahr	78
1. Jahr	120—130	15.—20. „	70
2. „	105	20.—25. „	70
3. „	100	25.—50. „	70
4. „	97	60. „	74
5. „	94—90	80. „	79
10. „	gegen 90	80.—90. „	über 80

die Körperlänge,

b) Die Körperlänge steht in einem bestimmten Verhältniss zur Pulsfrequenz. Nach Volkmann gilt die Formel $\frac{P}{P_1} = \frac{L_1^{5/9}}{L^{5/9}}$, worin P und P_1 die Pulsfrequenz, L und L_1 die Körperlänge ausdrücken. Rameaux stellt die folgende Formel auf

$$N_1 = N \sqrt{\frac{D}{D_1}}$$

worin N und N_1 die Pulsfrequenzen, D und D_1 die Körperlängen bedeuten. Nach dieser Formel wurden bei einer grossen Anzahl von gesunden Menschen die Pulsfrequenzen aus den gemessenen Körperlängen berechnet. Dieses gab folgendes Resultat:

Körpergrösse in je 10 Cm.	Puls berechnet	Puls beobachtet	Körpergrösse in je 10 Cm.	Puls berechnet	Puls beobachtet
80—90	90	103	140—150	69	74
90—100	86	91	150—160	67	68
100—110	81	87	160—170	65	65
110—120	78	84	170—180	63	64
120—130	75	78	über 180	60	60
130—140	72	76			

So wie es gelingt, aus der Körpergrösse die Pulsfrequenz zu bestimmen, muss es natürlich auch gelingen, aus der Pulsfrequenz die Körpergrösse zu berechnen. Wir entwickeln hierfür aus der vorstehenden Formel

$$D_1 = \frac{DN^2}{N_1^2}.$$

Alle diese Berechnungen haben natürlich nur theoretisches Interesse und es versteht sich von selbst, dass bei anzustellenden Vergleichen nur ganz gesunde Personen desselben Geschlechtes und Alters, die sich überdies unter völlig gleichen Lebensverhältnissen befinden, gewählt werden dürfen (Landois).

verschiedene Körperfunctionen.

c) Von sonstigen Einflüssen auf die Pulsfrequenz bemerke man, dass die Muskelthätigkeit, jede Steigerung des arteriellen Blutdruckes, die Nahrungsaufnahme, erhöhte Temperatur, Schmerzempfindung und psychische Erregungen den Puls beschleunigen. Aufenthalt unter erhöhtem Luftdruck vermindert den Pulsschlag. Von besonderem Interesse sind die Schwankungen des Pulses im Laufe eines ganzen Tages. Von 3—6 Uhr Morgens zählte man 61 Schläge; nun stieg der Puls etwas, so dass gegen 8—11½ Uhr 74 Schläge waren. Darauf folgte ein Abfall der Frequenz bis gegen 2 Uhr; gegen 3 Uhr beginnt mit dem Mittagbrode eine neue Steigerung und verläuft gegen 6—8 Uhr, wo gegen 70 Schläge gezählt werden. Von hier fällt der Puls bis um Mitternacht, 54 Schläge. Dann steigt er wieder bis 2 Uhr Nachts; alsdann fällt er abermals bis zur ersten Tagessteigerung gegen 3—6 Uhr Morgens.

4. Verschiedenheit der Pulsrhythmen.

Wechsel der Puls-Rhythmen. An der normalen Schlagader erkennt der tastende Finger keinen besonderen Rhythmus, sondern es folgen Schlag auf Schlag in anscheinend gleichen Abständen. Alle abweichenden complicirten Rhythmen gehören den abnormen Pulsbewegungen an. Zuweilen fällt in der normalen Reihe plötzlich ein Schlag aus: aussetzender Puls, pulsus intermittens. — *Pulsus intermittens.* Mitunter zeichnet sich eine Reihe von Pulsen dadurch aus, dass die Einzelschläge immer kleiner werden, um nach einer gewissen Frist mit ursprünglicher Stärke wieder zu beginnen: pulsus myurus. *P. myurus.* Mitunter erscheint in einer normalen Reihe ein überflüssiger Pulsschlag wie eingeschoben: pulsus intercurrens. *P. intercurrens.* — Der regelmässige Wechsel von einem hohen und einem niedrigen Pulse wird als pulsus alternans bezeichnet (Traube). *P. alternans; P. bigeminus.* — Das Wesen des puls. bigeminus besteht nach demselben Forscher darin, dass die Pulse stets paarweise auftreten, so dass allemal nach zwei Schlägen eine längere Pause folgt. In entsprechender Weise kann auch ein pulsus trigeminus, sowie quadrigeminus etc. entstehen. Knoll fand bei Thierversuchen, dass diese Pulsarten, sowie Unregelmässigkeiten des Rhythmus überhaupt eintreten, wenn grössere Widerstände im Kreislaufe entstehen; so dass für das Herz grössere Anforderungen an seine Leistung gestellt werden. Das Auftreten beim Menschen weist auch auf ein Missverhältniss zwischen der Kraft des Herzmuskels und der zu leistenden Arbeit hin (Riegel). — Völlige Unregelmässigkeit des Herzens wird Arhythmia cordis genannt. *Arhythmia cordis.*

76. Verschiedenheit der Stärke, Spannung und Grösse der Pulse.

Stärke des Pulses: P. fortis, debilis. Die relative Stärke des Pulsschlages (pulsus fortis, debilis) lässt sich dadurch bestimmen, ein wie grosses Gewicht der Puls noch zu heben im Stande ist. Es kann hiezu ein kleines Werkzeug, einer Federwage ähnlich wirkend, benutzt werden, dessen Zeiger natürlich aufhört zu spielen, sobald der auf die Arterie ausgeübte Druck den Pulsschlag überwindet. Das Gewicht zeigt direct die Stärke des Pulses an. Der Puls erscheint hart oder weich, wenn die Schlagader unabhängig von der Energie des Einzelpulses dem tastenden Finger eine grössere oder geringere Resistenz darbietet (pulsus durus et mollis). *P. durus, mollis,* Geht die Pulsbewegung ohne Ansehung ihrer eigenen Grösse an einer stark geschwellten, vollen oder dünnen, leeren Arterie vor sich, so haben wir den pulsus plenus et vacuus. *P. plenus, vacuus.*

Spannung des Pulses. Bei der Bestimmung der Spannung der Arterie und des Pulses, ob sie hart (durus) oder weich (mollis), ist stets zu berücksichtigen, ob die Arterie diese Qualität während der Pulswelle allein, d. h. ob sie diastolisch hart, — oder ob sie auch während der Arterienruhe, während der Arteriensystole, hart oder weich sei. Alle Arterien sind während des Pulsschlages härter als in der Ruhe, aber ein während des Pulsschlages sehr hartes Arterienrohr kann in der Pulspause zwar ebenfalls hart, aber auch in anderen Fällen sehr weich sein, wie z. B. bei der Insufficienz der Aortaklappen, bei welcher nach der Contraction des linken Ventrikels eine grosse Menge Blutes durch die undichten Semilunarklappen der Aorta in die Kammer zurückströmt, so dass hierdurch die Arterien plötzlich wieder relativ bedeutend entleert werden.

Grösse des Pulses: P. magnus, parvus, inaequalis. Unter sonst gleichen Verhältnissen wird die Grösse der Pulswellen direct aus der Grösse der sphygmographischen Bilder erkannt. So unterscheidet man den grossen und kleinen Puls (pulsus magnus und parvus) den ungleichen (inaequalis), den äusserst schwachen, der nur als leicht zitternder Stoss gefühlt wird (p. tremulus) und den bis zum Verschwinden unkennbaren (p. filiformis et insensibilis).

77. Die Pulscurven der verschiedenen Arterien.

1. Pulscurve der a. carotis. (Fig. 34. A. — Figur 35 I. II. III.; — Figur 38 C und C_1.)

Form der Carotiden-Curve.

Der aufsteigende Curvenschenkel ist sehr steil, die Spitze der Curve (Fig. 35 P) ist an den mit minimaler Reibung verzeichneten Curven spitz und hoch hervorstehend. Unterhalb der Spitze erkennt man als oberste Zacke eine kleine Erhebung (Fig. 35 K), welche herrührt von einer positiven Welle, welche durch den klappenden Schluss der Semilunarklappen in der Aortenwurzel erregt, sich in die a. carotis noch ziemlich ungeschwächt fortpflanzt (Landois). In unmittelbarer Nähe dieser Zacke, und nur an wirklich mit minimalster Reibung gezeichneter Curve sichtbar, erscheint die oberste, sehr kleine Elasticitätsschwankung (Figur 35 II. e).

Weiter abwärts, jedoch noch oberhalb der Mitte des absteigenden Curvenschenkels erscheint meist grösser die Rückstosselevation (R), durch das Zurückprallen einer positiven Welle von den bereits geschlossenen Semilunarklappen erzeugt. Die Rückstosselevation ist relativ, d. h. im Vergleich zu den übrigen Curventheilen nur von kleiner Entwickelung, was von der hohen Spannung in der a. carotis Zeugniss ablegt. Nach Bildung der Rückstosselevation sinkt der absteigende Schenkel anfangs steil bis etwa zum unteren Drittel, von wo im Niedergehen der Schreibhebel an gut verzeichneten Curven meist noch zwei kleine Elevationen zeichnet, von denen die oberste eine Elasticitätsschwankung ist, während die unterste, welche unter günstigen Verhältnissen wesentlich grösser erscheint (Fig. 35 III. R_1), die zweite Rückstosselevation darstellt (Landois). Hier haben wir einen echten Tricrotismus, der in der Carotis um so leichter zur Verzeichnung gelangen kann, weil diese Bahn der Schlagadern kürzer ist als die der oberen und namentlich der unteren Extremität.

2. Pulscurve der a. axillaris. (Figur 35. IV.)

Form der Axillaris-Curve.

Die Curve dieser Schlagader ist ausgezeichnet durch einen steil aufsteigenden Elevationsschenkel; ziemlich nahe unter der Spitze findet sich ähnlich wie an der Carotiscurve eine kleine Elevation (K), herrührend von einer kurzen, durch den klappenden Schluss der Semilunarklappen der Aorta erzeugten positiven Welle. Unterhalb der Mitte erhebt sich die ziemlich hochsteigende Rückstosselevation (R) höher als in der Carotiscurve, weil in unserem Gefässe die Verminderung der arteriellen Spannung eine grössere Entwicklung der Rückstosswelle zulässt. Weiter abwärts von der Höhe der Rückstosselevation bis zum Fusse der Curve trifft man noch zwei bis drei kleinere Etasticitätsschwankungen (e e) an. Es muss bemerkt werden, dass die Verzeichnung guter Axillariscurven nur bei geringer Reibung des Schreibhebels möglich ist.

3. Pulscurve der a. radialis. (Figur 34. B. — Figur 35. V—X. — Figur 38 R. und R_1.)

Der aufsteigende Schenkel zeigt sich (Figur 35) als eine bis zur ziemlichen Höhe und zugleich ziemlich brüsk emporsteigende Linie von lang ∫-förmiger Gestalt (mitunter mit zwei langgezogenen Bogen; s. u. Anakrotismus).

Form der Radialis-Curve.

Die Spitze (P) pflegt scharf ausgeprägt zu sein. Unterhalb dieser treten zuerst bei grösserer Spannung zwei, bei geringerer eine Elasticitätsschwankung (e e) auf. Dann folgt ungefähr in der Mitte des absteigenden Schenkels die meist ausgeprägte Rückstosselevation (R). Dieselbe ist um so selbstständiger und um so schärfer ausgeprägt, je mehr Momente vorhanden sind, welche auf die Entwickelung der secundären Welle begünstigend einwirken.

Am geringsten ist sie bei kleinem harten Pulse in einer sehr gespannten Arterie ausgeprägt (Figur 35. VII. R), grösser bei geringerer Spannung (IX. R.), am grössten endlich beim doppelschlägigen Pulse (X. R.) (s. o. dikrotischer Puls). Abwärts erscheinen bis zum Fusspunkt der Curve noch zwei oder drei kleinere Erhebungen, die beiden ersteren Elasticitätselevationen (e e), die unterste als etwaige zweite Rückstosswelle nur in seltenen Fällen recognoscirbar.

Die Pulscurve der a. brachialis in der Ellenbeuge weicht nicht wesentlich von der beschriebenen der a. radialis ab.

4. Pulscurve der a. femoralis. (Figur 35. XI. XII.)

Der aufsteigende Schenkel ist steil und hoch. An der Spitze der Curve, die nicht selten einen etwas breiten Gipfel trägt, markirt sich der Schluss der Semilunarklappen (K). Nun fällt die Curve steil ab bis etwa zum unteren Drittel. Die Rückstosselevation (R) erscheint spät nach Beginn der Curve und sodann ist dieselbe in ihrem auf- und absteigenden Theile mit kleinen Elasticitätsschwankungen besetzt.

5. Pulscurve der a. pediaea (Figur 35. XIV. XV.) und tibialis postica. (Figur 34 C und Figur 35 XIII.)

In dem Pulsbilde der Pediaea prägt sich das Zeichen der grossen Entfernung vom wellenerregenden Apparat (vom Herzen) sehr deutlich aus. So erscheint uns der aufsteigende Curvenschenkel schräg ansteigend und niedrig, die Rückstosselevation erfolgt spät. Zwei Elasticitätselevationen rücken im absteigenden Schenkel so hoch gegen den Gipfel empor (e e), dass die obere meist dicht unter demselben ihren Sitz hat. Die Elasticitätselevationen im unteren Theile des absteigenden Schenkels sind meist nur schwächlich entwickelt.

Form der Pediaea-Curve.

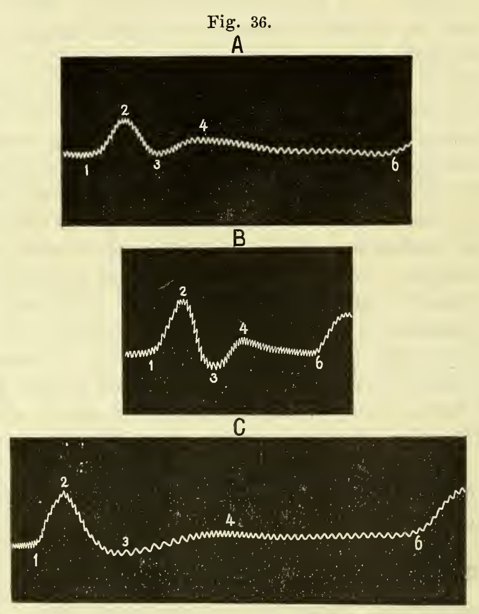
Die Curve der A. tibialis postica ist vielfach der vorigen ähnlich, namentlich rücksichtlich der zeitlichen Verhältnisse.

Form der Tibialis-Curve.

Die beigefügten Curven sind von einem 189 Cmtr. grossen Mediciner bei mittlerer Belastung mit meinem Angiograph auf schwin-

gender Stimmgabelplatte verzeichnet. A und B sind von der Arteria tibialis postica, C von der Arteria pediaea desselben Individuums entnommen. Die Ausmessung ergibt:

Fig. 36.



A und *B* Curven der Arteria tibialis postica und *C* von der *a.* pediaea eines Mannes auf vibrirender Stimmgabelplatte gezeichnet durch L a n d o i s' Angiographen.

	A	B	C
1—2	9,5	9,5	9
1—3	20	20	20
1—4	30,5	30,5	32
1—6	61	57	62,5

78. Erscheinungen des Anakrotismus.

In der Regel ist der aufsteigende Schenkel der Pulscurven von der Gestalt einer ∫-förmigen, ziemlich steil aufsteigenden Linie. Durch den Pulsschlag geräth die Arterienmembran, wie auseinandergesetzt wurde, in elastische Schwingungen, deren Schwingungszahl wesentlich von dem Grade der Spannung der Membran abhängig ist.

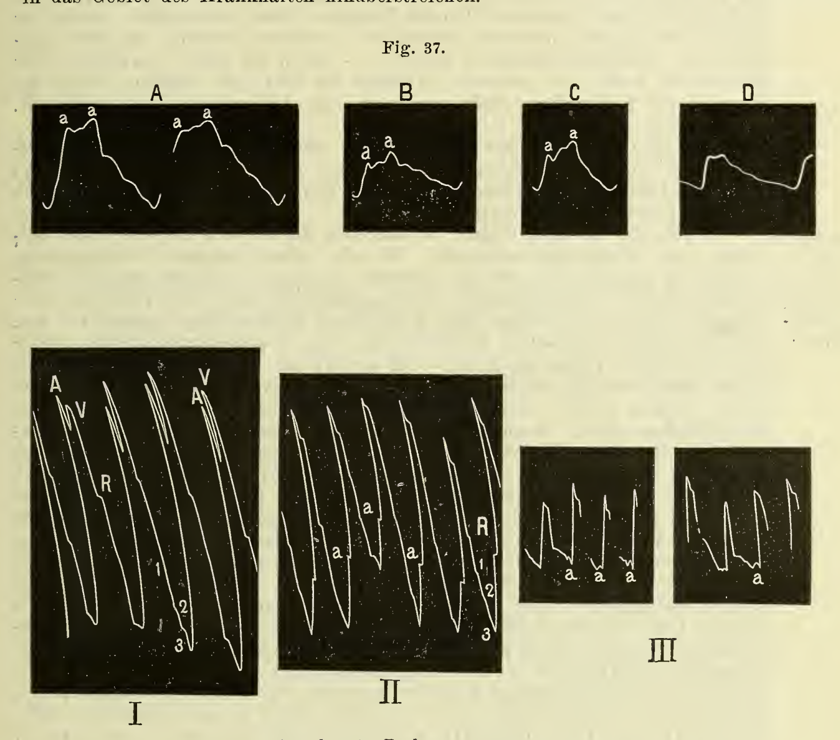
Elasticitätsschwankungen im aufsteigenden Curvenschenkel unter normalen Verhältnissen.

Für gewöhnlich vollzieht sich die Dehnung der Arterie, oder was dasselbe ist, die Zeichnung des aufsteigenden Curvenschenkels, so schnell, dass die Zeit nur der e i n e r elastischen Schwingung gleich ist. Die langgezogen ∫-förmige Figur ist im Grunde nichts anderes, als eine langgezogene Elasticitätsschwankung. Ist jedoch die Schwingungszahl für die Elasticitätsschwankungen eine kurze, und dauert die Entwicklung des aufsteigenden Curvenschenkels relativ lang, so beobachtet man mitunter zwei langgezogene hügelartige Krümmungen im aufsteigenden Curvenschenkel. Ein Verhältniss dieser Art ist noch

immerhin als ein normales zu bezeichnen. (Siehe die Erhebungen in der Figur 34, VIII bei 1 und 2; — ebenso X bei 1 und 2.) Wenn dagegen gegen den oberen Theil des aufsteigenden Schenkels in der Pulscurve eine Anzahl dichtgedrängter Elasticitätsschwankungen sich bilden, so dass der Gipfel der Curve wie schräg gegen den darauf aufsteigenden Schenkel abgestutzt und gezähnelt erscheint, so haben wir es mit den Erscheinungen des Anakrotismus (aa) zu thun (Landois), die ähnlich wie der doppelschlägige Puls in das Gebiet des Krankhaften hinüberstreichen.

Wahrer Anakrotismus als pathologische Erscheinung.

Fig. 37.



Anakrote Pulscurven.
A B C Radialcurven, *aa* die anakroten Zacken, I, II, III Curven mit anakroter Erhebung (*a*), bei Insufficientia valvularum aortae.

Wir finden anakrotische Pulse im allgemeinen dann, wenn die Zeit des Einströmens bedeutend verlängert ist über die Zeit einer Elasticitätsschwankung. Daher erscheint der Anakrotismus:

1. Bei Erweiterung und Hypertrophie des linken Ventrikels. (Figur 37 A, Radialiscurve von einem an Nierenschrumpfung leidenden Manne.) Hier erfordert die grosse Menge des mit jeder Systole eingetriebenen Blutes eine abnorm lange Zeit für die Dehnung des Arterienrohres.

2. Befindet sich das Arterienrohr im Zustande verminderter Dehnbarkeit, so wird auch eine an sich nicht vergrösserte Blutmenge bei jeder Systole längere Zeit auf die Dehnung der Wandung verwenden müssen. Dieser Fall findet sich häufig bei alten Leuten, deren Arterienhäute grössere Rigidität angenommen haben. Da die Kälte erregend auf die Arterien einwirkt, so dass sie ebenfalls in den Zustand verminderter Dehnbarkeit verfallen, so ist es leicht erklärlich, dass innerhalb 1 Stunde nach einem lauen Bade der Puls leicht die Gestalt des Anakrotismus annimmt (G. v. Liebig) (siehe D).

3. Wenn durch Stockung des Blutes infolge hochgradiger Verlangsamung des Blutlaufes, wie sie sich in gelähmten Gliedern findet, die systolisch eingeworfene Blutmenge nicht zu einer normalen Dehnung der Arterienmembran mehr gelangen kann, sind anakrotische Zacken vorhanden. (Fig. 37 B.)

4. Wenn nach Unterbindung einer Schlagader in das peripherische Ende das Blut durch relativ dünne Collateralen nur innerhalb relativ langer Zeit eindringen kann, werden auf die Ausdehnung mehrere elastische Schwingungen der Arterienmembran entfallen. Es gelang ferner Wolff an Radialcurven, die noch nicht deutlich anakrote Formen besassen, diese herzustellen, indem er oberhalb die Arteria brachialis comprimirte, wodurch natürlich das Blut langsamer zur Radialis hinströmen konnte. — Auch bei einem Herzfehler, der Stenose der Aorta, bei welchem natürlich das Blut nur allmählich durch die Aorta in die Schlagadern eindringen kann, ist Anakrotismus oft beobachtet. (Fig. 37 C.)

5. Eine besondere Art der Anakrotie wird geliefert durch einen Herzfehler, bei welchem die Semilunarklappen der Aorta fortwährend offen stehen (weil krankhafte Beschädigungen der Klappen den Verschluss derselben unmöglich machen: insufficientia valvularum aortae).

Anakrotismus durch die Vorhofswelle bei Insufficienz der Aortaklappen.

Während in allen Fällen, wo anakrote Zacken sich zeigen, diese herrühren von Elasticitätselevationen, die sich unter abnormen Verhältnissen, namentlich gegen den Gipfel zu, schärfer ausprägen, zeichnen sich die Pulscurven, welche von grossen Gefässen bei der Insufficienz der Aortaklappen entnommen sind, durch einen Anakrotismus eigener Art aus. Die Eigenartigkeit desselben besteht darin, dass er einmal stets nur aus einer Zacke besteht, (Figur 37 I. A; — II a; III a), während bei den übrigen Fällen anakroter Elevationen man selbst zwei bis drei derselben erkennen kann. Sodann ist die einfache anakrote Zacke ihrem Ursprunge nach keine Elasticitätselevation. Wenn wir für den wellenerregenden Apparat bei der Insufficienz der Aorta das am meisten charakteristische Merkmal dieses Fehlers bezeichnen wollen, so ist es das, dass die Aorta permanent offen steht. Es werden sich daher nicht allein von den Bewegungen des Ventrikels aus Wellen in die Wurzel der Aorta hineinbegeben, sondern auch die Contraction des linken Vorhofes, wodurch das Blut in den Ventrikel geworfen wird, ruft eine Wellenbewegung in dem Blute hervor, welche sofort durch das offenstehende Ostium der Aorta sich in die Hauptschlagaderstämme forterstreckt. Ihr schliesst sich an die grössere Welle, welche die Zusammenziehung des Ventrikels als primäre Pulswelle hervorruft. Es ist einleuchtend, dass die durch die Vorhofscontraction erzeugte Welle sowohl kleiner ist als auch, dass sie der Hauptwelle voraufläuft. Das Wesen des Anakrotismus der Pulscurven von grossen Gefässstämmen bei der Insufficienz der Aortaklappen besteht nun darin, dass sich an der Curve im aufsteigenden Schenkel die Vorhofswelle vor der Ventrikelwelle ausprägt. (Landois.) Dieser Anakrotismus prägt sich deshalb nur in der Curve von den grösseren Gefässstämmen aus, weil die an sich nur kleine Welle peripherisch zu den kleineren Gefässen fortschreitend allmählich erlischt. Figur 37 I zeigt die Pulscurve der Carotis von einem Manne von mittleren Jahren, der an einer sehr hochgradigen Insufficienz der Aortenklappen, verbunden mit bedeutender Hypertrophie des linken Ventrikels leidet. Anderweitige Complicationen sind in diesem Falle nicht vorhanden. Die Curve zeigt einen steil emporgehenden Schenkel, bedingt durch die Gewalt des hypertrophischen Herzens. Am Gipfel der Curve treten ganz constant zwei Zacken hervor, von denen die vordere, weil sie schmälere Basis hat, geringerer Zeit zur Entwicklung bedarf, als die zweite. Die vordere A ist die anakrote Vorhofswelle, die zweite V die Ventrikelwelle. An derselben Curve zeigt sich die Rückstosselevation R der Grösse der Curve gegenüber nur wenig hervortretend. Es ist das eine bei der Insufficienz der Aortaklappen überhaupt gewöhnliche Erscheinung, weil der Pulswelle bei dem Rückstoss an den Aortenklappen wegen ihrer mehr weniger grossen Läsion keine ausreichende Stossfläche geboten wird. Bei hochgradiger Zerstörung der halbmondförmigen Klappen wird sogar die Rückstosselevation ihren Ursprung von einem Anprall der rücklaufenden Welle von der gegenüber-

Anakrote Carotiscurve.

stehenden Ventrikelwand nehmen müssen. Unterhalb der Rückstosselevation zeigt die Curve noch zwei bis drei schwach markirte Elasticitätsschwankungen. (1. 2. 3.) Die gewaltige Höhe der ganzen Curve erklärt sich hinreichend aus der beträchtlichen Blutmasse, welche der stark hypertrophische und dilatirte Ventrikel in das Aortensystem hineinwirft. Die vorstehende Curve ist durch den Marey'schen Sphygmographen mit bedeutender Spannung der auf dem Gefässe ruhenden elastischen Feder verzeichnet worden.

Anakrote Subclavia-Curve.

Fig. 37, II zeigt uns von demselben Individuum die Pulscurve der a. subclavia. Sie ist auf den ersten Blick durch eine Eigenschaft gekennzeichnet, dass nämlich die anakrote Zacke a sich ungefähr an der Grenze des unteren und mittleren Drittels des Curvenschenkels befindet. Die Rückstosselevation R ist auch hier aus demselben Grunde wie an der Carotiscurve verhältnissmässig sehr klein. Unter derselben erkennt man bei 1, 2, 3 schwach entwickelte Elasticitätselevationen.

Anakrote Cruraliscurve

Verfertigt man mittelst des Pulszeichners Curven von der a. cruralis in der Inguinalbeuge, so wird man, falls man nicht mit ganz minimaler Reibung das Instrument schreiben lässt, keine der Vorhofszacke entsprechende Elevation an diesem Gefässe mehr wahrnehmen können. Lässt man jedoch die Schreibspitze mit minimalster Reibung an der Tafel auf- und niedergehen, so dass sogar mitunter die Spitze ausser Contact mit der Platte kommt, so tritt unmittelbar vor dem Aufgang des aufsteigenden Curvenschenkels eine Zacke hervor (Fig. 37 III a), die bei grobem Zeichnen, wenn auch mitunter angedeutet, so doch stets so wenig charakteristisch ausgeprägt ist, dass man ihre Herkunft verkennt. Man würde sie alsdann nämlich mit einer Elasticitätsschwankung verwechseln. Vergleicht man jedoch diese Zacke mit der gleichfalls mit a bezeichneten anakroten Zacke im unteren Theile des aufsteigenden Schenkels der Curve der a. subclavia (Fig. II), so muss sich uns die Ueberzeugung aufdrängen, dass in dieser so ausgeprägten Erhebung die anakrote Vorhofszacke wieder gefunden werden muss. Sahen wir in der dem Herzen am nächsten liegenden Carotis die Vorhofszacke hoch am Gipfel der Curve, an der Curve der subclavia jedoch schon weiter abwärts an der Grenze des unteren und mittleren Drittels des aufsteigenden Schenkels, so wird es uns nicht auffallend sein können, dass an der noch weiter peripherisch belegenen a. cruralis die Vorhofszacke noch weiter abwärts, d. h. vor dem Fusspunkte des durch die Ventrikelcontraction hervorgerufenen aufsteigenden Curvenschenkels auftritt.

Es soll bei dieser Gelegenheit noch erwähnt werden, dass sich die Pulscurven bei der Insufficienz der Aortaklappen noch ausserdem auszeichnen: 1. Durch bedeutende Höhe, 2. durch das schnelle Niedersinken des Schreibhebels vom Gipfel an. Beides rührt daher, dass sehr viel Blut durch den vergrösserten und hypertrophischen Ventrikel in die Arterien geworfen wird, von dem sofort ein grosser Theil nach der Systole des Ventrikels in den letzteren wieder zurückströmt. 3. Findet man nicht selten an dem Gipfel eine deutliche Zacke, die eine Elasticitätsschwankung der stark gespannten Arterienwand darstellt. — Den Beobachtungen 1 und 2 entsprechend ist also der Puls ein pulsus celer.

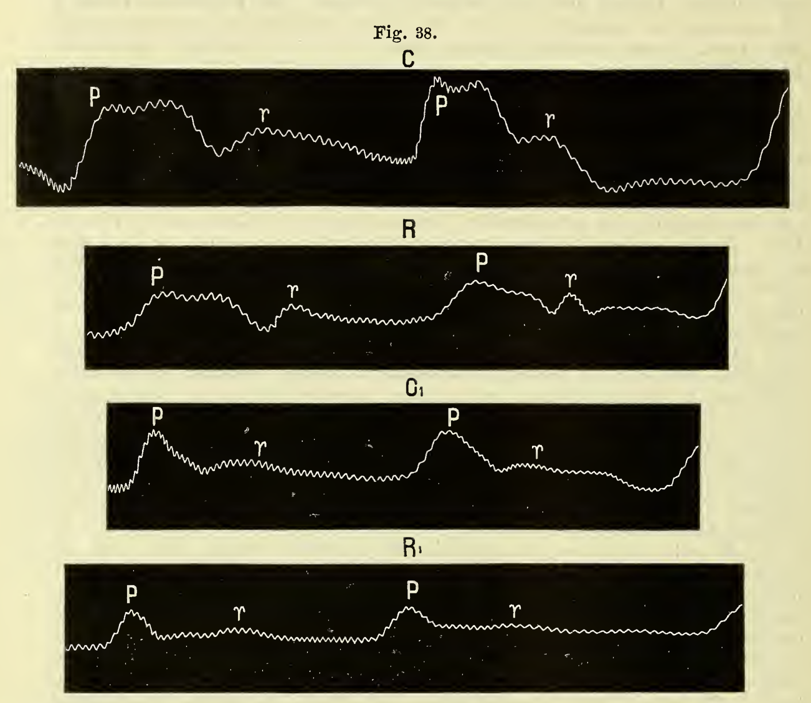
79. Einfluss der Athembewegung auf die Pulscurven.

Einfluss ruhiger Athembewegungen.

Wenn man bedenkt, dass mit der Inspiration eben durch die Erweiterung des Thorax das arterielle Blut mehr im Brustkorb zurückgehalten wird, und das venöse während derselben durch Aspiration stark in den rechten Vorhof eingesogen wird, so ergibt sich, dass die Spannung in den Arterien während der Inspiration geringer sein muss. Die exspiratorische Verkleinerung des Thorax befördert den arteriellen Zufluss in die Stämme, staut das Venenblut gegen die Hohlvenen zurück: zwei Momente, durch welche die Spannung im arteriellen System erhöht wird. Diese Spannungsverschiedenheiten erklären die

Differenzen in der Gestalt der während der Inspiration und während der Exspiration gezeichneten Pulscurven, wie sie in der Figur 35, I, III, IV, in denen J die in die Inspiration fallende Curve, E die Exspirationscurve bezeichnet, ersichtlich sind. Diese Verschiedenheiten sind folgende: 1. Die grössere Dehnung der Arterien während der Exspiration bewirkt ein allgemein höheres Niveau aller in das Exspirium fallenden Curven. — 2. Im Exspirium ist ferner der aufsteigende Curvenschenkel verlängert, weil die exspiratorische Thorax-

Fig. 38.



Wirkung starken Exspirationsdruckes und Inspirationsdruckes auf die Pulscurven. *C* und *R* Curven der Carotis (*C*) und Radialis (*R*) beim Müller'schen Versuche; — C_1 und R_1 dieselben beim Valsalva'schen Versuche. Die Curven sind auf schwingender Stimmgabelplatte verzeichnet.

bewegung die Kraft der exspiratorischen Welle vergrössern hilft. — 3. Die Grösse der Rückstosselevation muss wegen der Verstärkung des Druckes im Exspirium geringer ausfallen. — 4. Aus denselben Gründen sind jedoch die Elasticitätselevationen deutlicher und höher gegen den Curvengipfel hinaufgeschoben. Im Stadium der Exspiration ist der Puls ein wenig frequenter als in dem der Inspiration.

Einfluss forcirter Athembewegungen.

Ueber den Einfluss, welchen ein starker, exspiratorischer Druck und eine forcirte Inspiration auf die Form der Pulswellen ausübt, sind die Angaben verschieden. Starken Exspirationsdruck macht man hierbei am besten so, dass man bei starker Thoraxausdehnung Mund und Nase schliesst und nun möglichst intensive Action der Exspirationsmuskeln mit Hülfe der Bauchpresse ausführt

(Valsalva'scher Versuch). Hierbei zeigt sich anfangs Steigerung des Blutdruckes und Bildung von Pulswellen, welche den in dem gewöhnlichen Exspirium ausgeführten ähnlich sind, namentlich ist die Rückstosselevation entschieden unentwickelter. Allein bei längerem Anhalten der forcirten Pressung nehmen die Pulscurven die Zeichen einer verminderten Spannung an (Riegel und Frank). Es beruht dies wahrscheinlich auf einer Einwirkung seitens des Nervensystemes vom vasomotorischen Centrum her, vielleicht auf dem Wege des Reflexes von Lungenästen aus. Man würde dann anzunehmen haben, dass eine forcirte Pressung, wie im Valsalva'schen Versuche, im weiteren Verlaufe depressorisch wirke auf das vasomotorische Centrum. Wird umgekehrt bei verkleinerter Stellung des Thorax Mund und Nase geschlossen und nunmehr starke inspiratorische Ausdehnung des Brustkorbes vollführt (Müller'scher Versuch), so nehmen zuerst die Pulscurven die charakteristischen Zeichen der geringeren Pulsspannung an, namentlich höhere und deutlichere Rückstosselevation, dann kann — ebenfalls wohl durch nervöse Einflüsse — sich vermehrte Spannung zeigen. Ich habe in der vorstehenden Figur 38 in C und R Carotis- und Radialiscurven beim Müller'schen Versuche verzeichnet, deren grosse Rückstosselevation r r deutlich die verminderte Spannung in den Gefässen anzeigen. In C_1 und R_1 sind von demselben Individuum die Curven während des Valsalva'schen Versuches, die deutlich das Entgegengesetzte ausdrücken. Ausathmen in ein spirometerähnliches Gefäss (Waldenburg's Respirationsapparat) voll comprimirter Luft wirkt ähnlich wie der Valsalva'sche — umgekehrt die Einathmung verdünnter Luft aus diesem Behälter wie der Müller'sche Versuch. — Beim Aufenthalte in verdichteter Luft (pneumatisches Cabinet) erniedrigt sich die Pulscurve, die Elasticitätsschwankungen werden entsprechend undeutlicher, die Rückstosselevation wird verkleinert bis zum Erlöschen (v. Vivenot). Dabei ist der Herzschlag verlangsamt, der Blutdruck erhöht (Bert, Jacobsohn, Lazarus). Aufenthalt in verdünnter Luft zeigt die entgegengesetzten Einflüsse als Zeichen geringerer Spannung im arteriellen Systeme.

Unter pathologischen Verhältnissen, zumal bei Verwachsungen des Herzens oder der grossen Gefässstämme mit umgebenden Theilen, kann es vorkommen, dass bei der Inspiration der Puls äusserst verkleinert und verändert erscheint, oder selbst ganz ausfällt. Man hat diese Enscheinung Pulsus paradoxus (Kussmaul) genannt. Sie rührt her von einer Verkleinerung des Arterienlumens bei der Inspirationsbewegung.

80. Einfluss der Belastung auf die Gestaltung der Pulscurven.

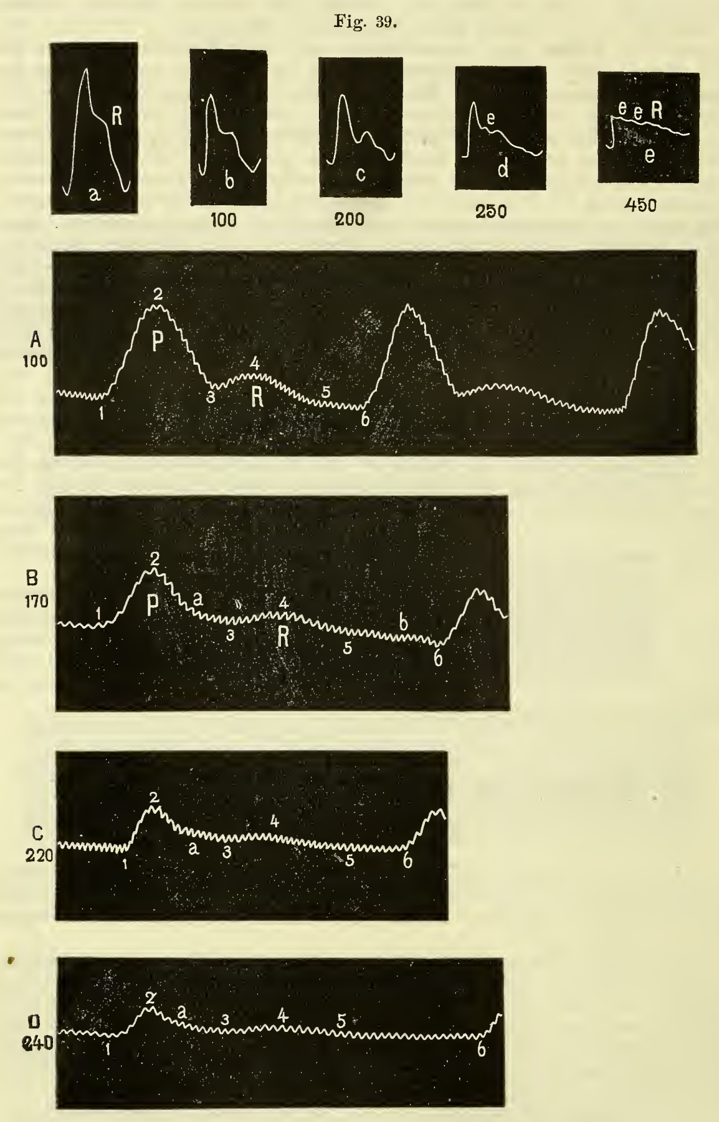
Wenn auch die Pulscurven innerhalb einer ziemlichen Breite der Belastung die charakteristischen Eigenschaften erkennen lassen, so ist es doch wichtig, die Veränderungen kennen zu lernen, welche die Pulscurven bei verschieden grosser Belastung zeigen.

Die Veränderungen beziehen sich sowohl auf die Form der Pulscurven und ihrer Theile, als auch auf die zeitlichen Verhältnisse in der Entwickelung derselben. Die Figur 39 zeigt uns in a b c d e Radialiscurven, welche von minimaler Belastung bei a, in weiterer Folge bei Belastung von 100, 200, 250 bis 450 Gr. gezeichnet wurden. Die Curven A, B, C, D hingegen zeigen die zeitlichen Verhältnisse successiv höher belasteter Curven an. Die aus der Betrachtung der Curven sich ergebenden Punkte sind die folgenden:

1. Bei schwacher Belastung ist die Rückstosselevation relativ wenig ausgeprägt; die ganze Curve erscheint hoch.
2. Bei mittlerer Belastung (ungefähr 100—200 Gr.) ist die Rückstosselevation am deutlichsten ausgeprägt; die ganze Curve erscheint etwas kleiner.
3. Bei zunehmender Belastung nimmt die Grösse der Rückstosselevation wieder ab.

4. Die vor der Rückstosselevation liegende kleinere Elasticitätsschwankung tritt erst bei stärkerer Belastung (220—300 Gr.) auf.

Fig. 39.



Formveränderung der Pulscurven durch steigende Belastung hervorzurufen.

5. Die Pulscelerität ändert sich mit zunehmender Belastung, so zwar, dass die Zeit für die Entwickelung des aufsteigenden Schenkels kürzer, die für die absteigenden Schenkel länger wird.

6. Die Höhe der Gesammtcurve nimmt mit zunehmender Belastung ab.

Die mitgetheilten Punkte liefern den sicheren Anhalt, dass bei einer richtigen Beurtheilung der Formentwickelung der Pulswellen stets auf die Belastung des registrirenden Werkzeugs Rücksicht genommen werden muss. Es sollte daher eigentlich bei Mittheilung jedes Pulsbildes der Grad der Belastung mit angegeben werden, d. h. das Gewicht, mit welchem das Instrument auf der Ader seinen Druck ausübt.

In Figur 39 gebe ich zur Erläuterung die mit A, B, C, D bezeichneten Radialcurven eines grossen Mediciners mit meinem Angiograph gezeichnet (Grösse 189 Cmtr.; Armspannung 195 Cmtr., Abstand der Spina anterior superior vom Fussboden 110 Cmtr.). Bei A war der Angiograph mit 100, bei B mit 170, bei C mit 220 und bei D mit 240 Gr. belastet.

Die zeitlichen Verhältnisse dieser Curven waren folgende:

	A	B	C	D
1—2	8½	6	5½	4½
1—a	—	11½	10	9½
1—3	18	17	16½	15
1—4	25	23½	23½	22
1—5	34	32	32	29½
1—b	—	41	—	—
1—6	44	46½	45	46½

Wird eine Arterie längere Zeit stärker belastet, so nimmt die Pulsstärke allmählich zu. Wenn man nunmehr nach Wegnahme der starken Belastung zu geringer übergeht, so nimmt nicht selten die Pulscurve unter bedeutenderer Entwickelung der Rückstosselevation die Form des Doppelschlägers an. Während des starken Druckes war das Blut gezwungen, unter Erweiterung collateraler Gefässe sich Durchgang zu bahnen. Wird nun die Hauptbahn freigegeben, so erweitert sich das Gesammtbett des Stromes natürlich plötzlich sehr bedeutend. Hieraus muss eine grössere Hervorbildung der Rückstosselevation resultiren. Die in Figur 35 gezeichnete Curve X ist eine solche dikrotische Reihe, nach voraufgegangener starker Belastung gezeichnet.

81. Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswellen.

Da die Pulswellen von der Aortenwurzel aus sich in alle Schlagadern peripherisch forterstrecken, so wird in den dem Herzen am nächsten liegenden Arterien der Pulsschlag eher gefühlt werden als in den peripherischen, wie schon Erasistratus richtig angegeben hat. Vielfach bestätigt und vielfach bestritten wurde diese Erscheinung, bis E. H. Weber aus der Zeitdifferenz des Pulses in der A. maxillaris externa und der A. dorsalis pedis die Schnelligkeit der Fortbewegung der Pulswellen auf 9,240 Met. in einer Secunde bestimmte. Bei dieser grossen Geschwindigkeit, sagt dieser Forscher, mit welcher die Pulswelle fortschreitet, darf man sie sich nicht als eine kurze Welle vorstellen, die längs den Arterien fortläuft, sondern so lang, dass nicht einmal eine einzige Pulswelle Platz in der Strecke vom Anfang der Aorta bis zur Arterie der grossen Zehe hat.

Czermak hat darauf hingewiesen, dass die Elasticität an den verschiedenen Arterienwandungen verschieden sei, und dass dem entsprechend die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswelle nicht in allen Schlagadern gleich gross sein könne. Czermak fand, dass in den dehnbareren, weichhäutigeren Schlagadern die Pulswelle sich langsamer fortpflanze als in den Adern mit resistenteren und dickeren Wandungen. So pflanzte sich die Pulswelle in der Bahn der Unterextremitäten-Schlagadern relativ schneller fort als in den Arterien der oberen Extremität. In den weichhäutigen Arterien der Kinder schritt die Welle noch langsamer fort.

82. Fortpflanzung der Pulsbewegung in Kautschukröhren.

Da man im Stande ist, in Kautschukröhren ähnliche Wellen zu erregen wie die Pulswellen, so ist es wichtig, die Resultate kennen zu lernen, welche das Studium dieser Wellenbewegungen geliefert hat.

1. Nach E. H. Weber ist die Geschwingkeit der Fortbewegung der Wellen 11,259 Meter in 1 Secunde; — nach Donders 11—14 Meter.

2. Stärkere Spannung im Innern hat nach E. H. Weber eine nur unbedeutende Verminderung der Bewegung zur Folge; Rive findet grössere Verminderung. Nach Donders soll kein merklicher Unterschied beobachtet werden. Marey fand bei höherer Spannung schnellere Fortbewegung.

3. Bergwellen und Thalwellen pflanzen sich nach E. H. Weber mit gleicher Schnelligkeit fort; ebenso schnell oder langsam erregte Wellen.

4. In Röhren von nur 2 Mm. Durchmesser sah Donders die Schnelligkeit gerade so gross wie in weiteren, Marey glaubt jedoch, dass mit dem Durchmesser der Röhre auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit sich ändere.

5. Nach Donders ist diese um so kleiner, je kleiner der Elasticitätscoëfficient ist.

6. Nach Marey soll mit zunehmender Wanddicke die Geschwindigkeit zunehmen.

7. Mit zunehmendem specifischen Gewichte der Flüssigkeit nimmt nach Marey die Geschwindigkeit ab.

Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswellen in elastischen Röhren hat neuerdings Möns folgende Gesetze aufgestellt: 1. sie verhält sich umgekehrt, wie die Quadratwurzel aus dem specifischen Gewicht der Flüssigkeit; — 2. sie verhält sich wie die Quadratwurzel aus der Wanddicke bei demselben Seitendruck; — 3. sie verhält sich umgekehrt wie die Quadratwurzel aus dem Durchmesser der Röhre bei demselben Seitendrucke; — 4. sie verhält sich (wie schon Valentin angegeben) wie die Quadratwurzel aus dem Elasticitätscoëfficienten der Röhrenwand bei demselben Seitendruck.

Methode der Untersuchung.

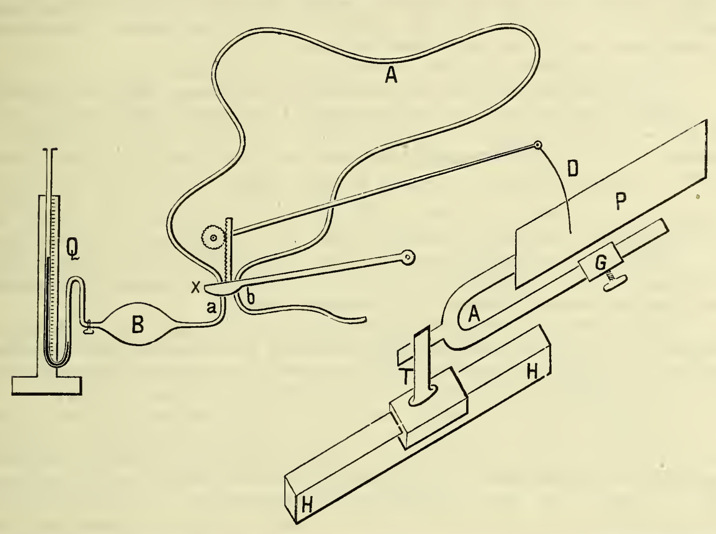
Versuche an Kautschukröhren. — Für die Bestimmung der zeitlichen Verhältnisse bediente ich mich der folgenden sehr empfehlenswerthen Methode. Eine grössere, 35 Cmtr. lange Stimmgabel (A) trägt an ihrem einen Arme durch Schrauben befestigt eine 20 Cmtr. lange und 5 Cmtr. breite Glasplatte (P), welche der Länge des Armes gleichgerichtet ist. Der andere Arm der Stimmgabel ist mit einem dem Gewichte der angeschraubten Glasplatte entsprechenden Metallklotz (G) beschwert. Die Gabel wird bei horizontaler Richtung ihrer Aeste von einem eisernen Träger (T) an ihrem Stiele gehalten, der seinerseits auf einem länglichen Brettchen befestigt ist. Letzteres hat auf seiner unteren Fläche in ganzer Länge eine rechtwinkelig ausgearbeitete Rinne, mittelst welcher es auf einer genau einpassenden Holzlatte (HH) verschoben werden kann. Auf der Glasplatte wird mit Gummi arabicum ein gleichgrosses berusstes Kreidepapiertäfelchen festgeklebt. Der gebogene niederhängende Draht (D) des Schreibhebels des Angiographen ruht mit seiner Spitze auf der berussten Fläche.

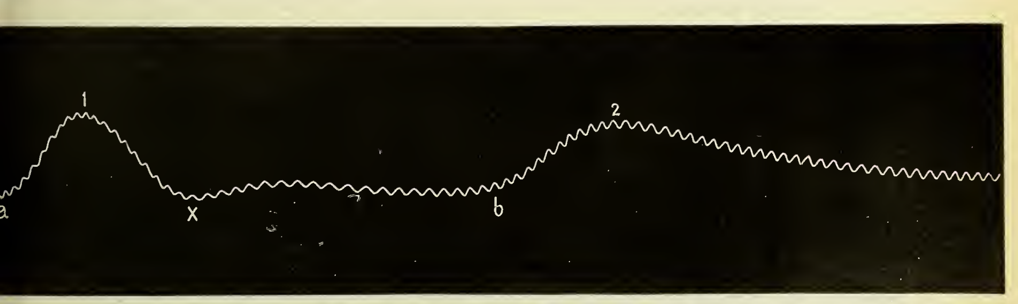
Die Spitze des auf- und niederbewegten Schreibhebels verzeichnet, wenn das Grundbrettchen der Stimmgabel seitlich verschoben wird, die Bewegungen auf das berusste Täfelchen. Wenn nun gleichzeitig die Stimmgabel vibrirt, so prägt sich in der verzeichneten Curve jede Vibration der Gabel als Zähnchen deutlich aus. Die Seitenverschiebung der Gabel erfolgt aus freier Hand; die Stimmgabel wird in Vibration versetzt dadurch, dass eine über die Enden der beiden vorher zusammengedrückten Aeste geschobene Holzklammer plötzlich abgerissen wird. Die einzelnen ganzen Schwingungen (von Spitze zu Spitze) der Gabel betragen 0,01613 Secunden, was leicht dadurch bestimmt wird, indem man den Secundenschlag eines Metronomes auf die Tafel überträgt, oder die Schwingungen einer anderen Stimmgabel von bekannter Schwingungzahl (Tonhöhe).

Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wasser- und Quecksilberwellen im elastischen Schlauche. — Ein weicher, dehnbarer, schwarzer, nicht vulkanisirter Kautschuckschlauch A hat eine Länge von 8,80 Meter,

seine Wandung hat eine Dicke von 1 Mm., der Durchmesser im Lichten beträgt 7 Mm.; wird 1 Meter des Schlauches mit einem Kilo belastet, so verlängert sich dieses Stück um 68 Cmtr. Der Anfangstheil des Schlauches ist durch Kautschukmasse mit einer spindelförmigen Ampulle B vereinigt, welche 50 Ccmtr. in ihrem Innern misst. Am entgegengesetzten Ende geht die Ampulle in einen kurzen Schlauch über, der mit einem Quecksilbermanometer Q verbunden ist.

Fig. 40.





Registrirung der Pulscurven eines elastischen Schlauches auf schwingender Stimmgabelplatte.

Dieser Schlauch wird jedoch allemal, nachdem die Druckhöhe gemessen ist, hart an der Ampulle abgeschlossen, damit nicht bei der Erregung der Wellen, die sich durch energische Compression der Ampulle in den Versuchsschlauch hineinbewegen, das Schwanken der Quecksilbersäule die Wellenbewegung störe.

Versuche mit Wasserwellen.

Zum Versuche selbst wird nun in der Continuität des Schlauches eine bestimmte Strecke abgemessen, z. B. 8 Meter. Der Anfangspunkt dieser Strecke und der Endpunkt werden beide dicht nebeneinander oder übereinader gekreuzt unter die Pelotte (x) des Angiographen gelegt. Wird nun durch Compression der spindelförmigen Ampulle eine positive Welle in den Schlauch getrieben, so wird der Schreibhebel zweimal nach einander emporgehoben, nämlich das erste

Mal, wenn die Welle unter der Pelotte den Anfangstheil (a) der abgemessenen Strecke passirt, das zweite Mal, wenn der ebenfalls dort liegende Endtheil (b) von derselben gedehnt wird. Die Bewegung des Schreibhebels wird auf der vibrirenden Platte der Stimmgabel verzeichnet. Auf diese Weise erhält man Curven, wie die in Figur 40 registrirte, in denen die beiden Wellenberge (1 und 2), um welche es sich hier handelt, deutlich ausgeprägt sind. Man kann nun den Abstand beider Erhebungen bestimmen, indem man entweder vom Gipfel 1 zu Gipfel 2, oder vom Fusspunkt a des aufsteigenden Schenkels des ersten Berges bis zu dem des zweiten b misst, oder endlich beide Bestimmungen macht. Aus der Anzahl der als zierliche Zähne ausgeprägten Stimmgabelschwingungen ergibt sich von selbst die Zeit.

Die angestellten Versuche ergaben folgende Resulate:

A) Eingeschaltete Länge des Schlauches A = 8 Meter. Druck im Schlauche = 7,5 Cmtr. Quecksilber. Es werden gezählt (Figur 40) an Zähnchen: a bis 1 = 8,5. — a bis x = 19. — a bis b = 39. — 1 bis 2 = 42 = 0,6774 ... Secunde. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle beträgt also für 1 Meter $\frac{0{,}6766}{8}$ = 0,08468 Secunde. In einer Secunde würde diese Welle in diesem Schlauche 11,809 Meter zurücklegen. E. H. Weber bestimmte in einem von ihm angestellten Versuche den analogen Werth auf 11,259 Meter (= 33′ 19″ Par.).

Es wurde eine grosse Anzahl ähnlicher Versuche angestellt, indem bald eine längere, bald eine kürzere Strecke des Schlauches eingeschaltet wurde. Die Resultate waren in hohem Grade übereinstimmend.

In Uebereinstimmung mit früheren Untersuchern habe auch ich keinen Unterschied in der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswellen mit Sicherheit angeben können, wenn einmal die Wellen schnell, das andere Mal langsam erregt, oder in einem Falle gross, in dem anderen klein erzeugt wurden.

Verstärkter Druck vermindert die Fortpflanzungsgeschwindigkeit.

B) Dahingegen zeigte sich von einem entschiedenen Einfluss auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswellen der intravasculäre Druck. Als nämlich in demselben Versuche der Druck innerhalb des Schlauches A auf 18 Cmtr. Quecksilber erhöht wurde, pflanzten sich die Wellen mit einer verringerten Geschwindigkeit von 0,0927 Secunde für einen Meter fort. Für 21 Cmtr. Druck fand ich den analogen Werth = 0,0946 Secunde.

Quecksilber-Wellen bewegen sich viel langsamer.

C) Der Einfluss, welchen das specifische Gewicht der Flüssigkeit auf die Schnelligkeit des Fortschreitens der Wellen ausübt, wurde von mir für das Quecksilber festgestellt, dessen erregte Wellen sich ungefähr viermal so langsam bewegen als Wasserwellen. Ich hatte den Schlauch A unter geringem Drucke mit Quecksilber angefüllt und 1,5 Meter hiervon für den Versuch genommen. Die Fusspunkte der verzeichneten aufsteigenden Wellenbergschenkel waren 29,5 Schwingungen von einander entfernt; zwischen den beiden Gipfeln zählte ich 30 Vibrationen, entsprechend 0,4839 .. Secunde. Die Welle pflanzte sich also 1 Meter fort in 0,3226 Secunde.

Marey betonte zuerst die langsame Fortbewegung der Quecksilberwellen.

Geringe Dehnbarkeit der Wandung bewirkt grössere Schnelligkeit der Wellen.

D) Um zu ermitteln, ob das Material des elastischen Schlauches einen Einfluss auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswellen habe, benutzte ich einen mehr rigiden, weniger dehnbaren, grauen, vulkanisirten Kautschukschlauch B. Die Dicke seiner Wandung mass 2 Mm., der Durchmesser im Lichten 7 Mm.; ein Meter desselben, durch ein Kilo belastet, verlängerte sich nur um 18 Cmtr. Es wurden 4 Meter in der Continuität des Schlauches abgemessen, und Anfang und Ende dieser Strecke zugleich unter die Pelotte des Schreibhebels gelegt. Der Druck betrug 6 Cmtr. Quecksilber. Die Verbindung des Schlauches mit der Ampulle und dem Manometer war in derselben Weise hergestellt wie beim Schlauche A. Als nun die Wellen durch Compression der Ampulle erregt wurden, zählte ich vom Gipfel der ersten Welle bis zu dem der zweiten 14 Schwingungen = 0,2259 .. Secunde. Das ergibt für einen Meter die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 0,05648 Secunde. Vielfache Versuche bald mit längeren, bald mit kürzeren Strecken ergaben übereinstimmende Resultate.

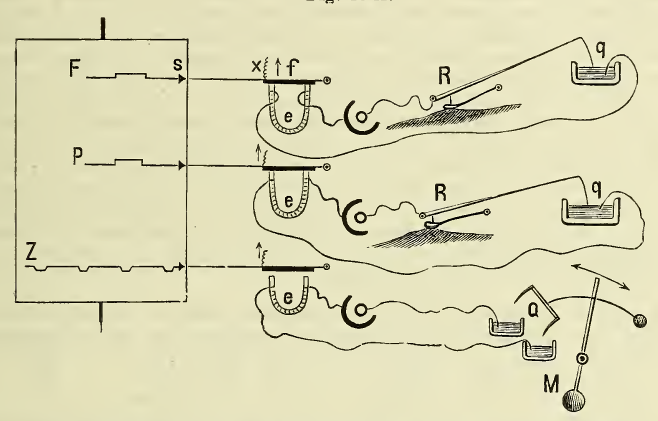
Es ergibt sich also, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen in einem weniger dehnbaren Schlauche mit grösserer Schnelligkeit vor sich geht.

83. Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswellen beim Menschen.

Methode der Untersuchung. — Drei auf einem senkrechten Brettchen über einander befestigte Elektromagneten (41 A. e e e) ziehen, wenn der elektrische Strom geschlossen wird, je ein Eisenplättchen an. Das

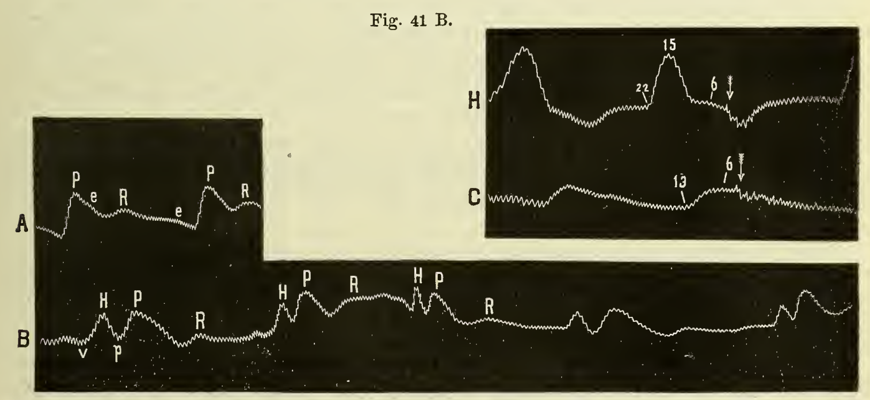
Elektromagnetische Bestimmung.

Fig. 41 A.



Elektromagnetische Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswellen

Fig. 41 B.



A Curve der Cubitalis auf schwingender Stimmgabelplatte (1 = 0,01613 Sec.); *P* der Curvengipfel, *e e* Elasticitätsschwingungen, *R* die Rückstosselevation. — *B* Curven derselben Cubitalis, zugleich mit *Hp* = Ventrikelcontraction desselben Individuums. — *H* und *C* Curven der gleichzeitig verzeichneten Herzcontraction *(H)* und der Cubitalis *(C)*, bei den beiden Pfeilen die zeitlich identischen Stellen beider Curven. In der Reihe *B* ist *H* bis *P* = 9 Schwingungen; — in den Reihen *H* und *C* ist von 6 bis 15 = 9; — ebenso von 13 bis 22 = 9 Schwingungen.

Eisenplättchen (f) trägt an einem verlängerten Arm eine Schreibspitze (s). Alle drei Schreibspitzen stehen in einer Senkrechten übereinander und schreiben ihre Bewegungen in das berusste Papier eines sich drehenden Cylinders. So

lange die Kette geschlossen ist, ist jedes Eisenplättchen angezogen, und der Schreibstift ragt abwärts. Sobald jedoch die Kette geöffnet wird, wird das Eisenplättchen durch eine Feder (x) und mit ihm der Schreibstift emporgehoben. In den Kreis des unteren Elektromagneten wird ein Mälzel'sches Metronom (M) eingeschaltet ($^1/_{100}$ Minute, oder eine noch schnellere Zeitfolge schlagend). Das Metronom öffnet und schliesst die elektrische Kette, indem sein Pendel in die Quecksilbernäpfchen (Q) ein- und austaucht, und so schreibt es auf den rotirenden Cylinder die Zeitcurve (Z). In den Kreis der beiden anderen Elektromagnete wird je ein Sphygmograph derartig eingeschaltet, dass das an dem Ende des Schreibhebels befestigte Ende des Leitungsdrahtes mit jedem Pulsschlage aus einem Quecksilbernäpfchen (q q) ausgehoben wird. Die beiden Sphygmographen stehen auf zwei Arterien, zwischen welchen man die Differenz ihrer Pulsschläge bestimmen will, z. B. auf der Carotis und der A. dorsalis pedis. Jeder Pulsschlag der Carotis bewirkt durch Oeffnung der Kette des oberen Elektromagneten eine Marke; jeder Pulsschlag der A. dorsalis pedis bewirkt dasselbe an dem mittleren Elektromagneten. So markiren die drei Elektromagneten: der erste den Moment des Eintritts der Pulswelle in die Carotis, der zweite denselben Moment für die Arteria dorsalis pedis, der dritte schreibt die Zeitcurve. Durch eine einfache vergleichende Messung des Abstandes des durch beide Schlagaderpulse gelieferten Zeichens mit der Strecke der Zeitcurve findet man die zeitliche Differenz der Pulsation.

Ermittelte Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswellen beim Menschen.

Bei einem gesunden Jüngling wurde so gefunden, dass sich der Puls von der Arteria cruralis (in der Inguinalfalte) bis zur Dorsalis pedis in 0,151 Secunden, — der von der Axillaris bis zur Radialis in 0,087 Secunden, — der von der Axillaris bis zur Dorsalis pedis in 0,212 Secunden fortpflanzt. Berechnet man diese Geschwindigkeit der Bewegung für die Maasseinheit der entsprechenden Bahn und für die Zeiteinheit (1 Secunde), so ergibt sich, dass sich in der Bahn der A. femoralis bis zur A. dorsalis pedis in einer Secunde die Pulswelle 6,431 Met. fortpflanzte, in der Bahn der Schlagader der oberen Extremität, von der A. axillaris bis zur A. radialis in einer Secunde 5,772 Met.

Es zeigt sich also, dass in den weniger dehnbaren Arterien der unteren Extremität die Fortpflanzungsgeschwindigkeit auf gleicher Strecke grösser ist, als in den Schlagadern der oberen Extremität.

Es ist einleuchtend, dass der eine Sphygmograph auch auf die Gegend des fühlbaren Herzstosses, der andere auf eine beliebige Schlagader gesetzt werden kann: alsdann erhält man die Differenz zwischen der Ventrikelcontraction und dem betreffenden Pulsschlag.

In Fällen verminderter Dehnbarkeit der Arterien, z. B. bei Verkalkung (vgl. 82 D), muss sich die Pulswelle schneller fortpflanzen. Ob auch beim Druckwechsel in den Arterien des lebenden Menschen (vgl. 82 B) sich deutliche Aenderung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit zeigen wird, halte ich für zweifelhaft. Nach dem, was über die Entstehung der Rückstosselevation gesagt ist, muss auch diese in ihrer zeitlichen Entwickelung von den benannten Momenten abhängig sein. Sie müsste also z. B. in atheromatösen (verkalkten) Arterien früher auftreten, als in gesunden.

Mit einer anderen Methode gelingt die Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit so: Zwei übereinander angebrachte Schreibhebel vom Brondgeest'schen Pansphygmograph (vgl. 72, Fig. 30) schreiben auf der vibrirenden Platte einer Stimmgabel. Die zugehörigen Pelottenbüchsen sind auf zwei zu untersuchende Schlagadern angebracht, oder auf die Herzgegend und eine Arterie. (In Figur 41 B. ist H und C = Herz- und Cubitalisschlag.) Beide Pulsbilder zeigen die Vibrationen der Gabel als Zeiteinheiten in ihren Zügen. Ein auf die Gabel abgegebener kurzer Schlag (bei den Pfeilen) markirt das identische Zeitmoment für beide Curven. Eine einfache Zählung der Vibrationen genügt zur Feststellung der zu untersuchenden Zeitdifferenzen. An weit von einander liegenden Arterien, oder am Herzen und einer Arterie, gelingt es auch, die beiden Pelottenbüchsen durch ein Gabelrohr mit Einem Schreibhebel zu verbinden und an ihm allein die beiden in einander geschriebenen Pulscurven zu erkennen. Die beiden Curvengipfel kennt man so an dem Schlage des Hebels noch am sichersten heraus.

Bestimmung durch gleichzeitiges Verzeichnen auf der schwingenden Stimmgabelplatte.

In Fig. 41 B ist A die Curve der Cubitalis; B dieselbe und gleichzeitig in derselben die ihr durch ein Gabelrohr zugeführte Ventrikelcontractions-Curve H. In der Curvenreihe B bezeichnet H den Gipfel der Ventrikelcontraction, P den primären Pulsgipfel der Cubitaliscurve; — v bezeichnet den Beginn der Ventrikelcontraction, p den des Cubitalispulses. Aus den Curven H und C einerseits, sowie aus B andererseits geht hervor, dass bei dem untersuchten Individuum vom Beginn der Ventrikelcontraction (in H, 22) bis zum Beginn des Pulses in der Arteria cubitalis (in C, 13) 9 Schwingungen (1 = 0,01613) = 0,15 Secunde verstrichen sind. (Es ist jedoch zu bemerken, was 72 über die Zuverlässigkeit der Uebertragung durch luftgefüllte elastische Trommeln gesagt ist.)

84. Anderweitige pulsatorische Erscheinungen.

1. Mundhöhlen- und Nasenhöhlenpuls. (Landois.) Die mit Luft gefüllte Mundhöhle und die Nasenhöhle zeigen dadurch, dass an den Schlagadern ihrer Weichtheile sich die pulsatorischen Bewegungen vollziehen, ebenfalls in ihrer Luftmasse eine pulsatorische Bewegung, die mit Hilfe des Kardiopneumographen registrirt werden kann. Die erzielten Curven, die den Pulscurven der Carotis am nächsten stehen müssen, sind natürlich nur relativ klein, können jedoch durch angestrengte Herzthätigkeit vergrössert werden. Namentlich aber bei pathologischen Vergrösserungen des Herzens, bei Erweiterung des linken Ventrikels und Verdickung seiner Wandungen (z. B. bei Insufficienz der Aortaklappen) kann der Puls bedeutend vergrössert sein (Landois).

Mund- und Nasenhöhlen-Puls.

2. Bei lebhafter Anstrengung erscheint mit jedem Pulsschlage oftmals bei verdunkeltem Gesichtsfelde eine pulsatorische Erhellung, — bei erhelltem Gesichtsfelde eine analoge Verdunkelung (Landois).

Entoptische Puls-erscheinung.

3. Der Musculus orbicularis palpebrarum zuckt unter ähnlichen Verhältnissen synchronisch mit dem Pulse; es rührt diese Zuckung, wie es scheint, davon her, dass der Pulsschlag die sensiblen Nerven reflectorisch zu einer Contraction anregt (Landois). Ich muss bei dieser Gelegenheit auf eine Beobachtung der Gebrüder Weber aufmerksam machen, welche mit diesem Punkte im Zusammenhang zu stehen scheint. Diese Forscher fanden nämlich, dass beim Gehen nicht selten allmälig ganz unwillkürlich Schritt und Puls zusammenfallen. Ich glaube, dass sich diese Erscheinung in der Weise erklärt, dass der Pulsschlag in der Muskelmasse der Schenkel eine Anregung zur Contraction veranlasst, der sich nun allmählich die Muskeln wirklich accommodiren, so dass sie die Bewegungen des allemal activen Schenkels veranlassen. Da sich bei der Contraction der Muskeln die Blutgefässe derselben erweitern, so liegt in der Coincidenz von Puls und Schritt noch der Vortheil, dass sich die bei dem Pulsschlage zu befördernde grössere Blutmenge um so leichter durch die Muskelmassen hindurch bewegen kann.

Pulsatorische Muskelcontractionen.

Pulsschwankung des übergeschlagenen Beines.

4. Sitzt man mit übereinandergeschlagenen Beinen, so erkennt man an dem schwebenden Unterschenkel deutlich Pulsschlag und secundäre Elevation.

Pulsatorische Unterkiefer-Bewegung.

5. Hält man in ruhiger Rückenlage die Schneidezähne des Unterkiefers dicht gegen die des Oberkiefers, jedoch ganz locker, so vernimmt man einen Doppelanschlag der Zähne gegen einander, da die Pulswelle namentlich in den aa. maxillares externae den Unterkiefer emporstösst. Der schnell erfolgende zweite Anschlag rührt jedoch nicht von der Rückstosselevation, sondern von der Erschütterung durch den Schluss der Semilunarklappen her.

Pulsatorische Hirnbewegung.

6. Dem Gehirne wird durch die grossen an der Basis verlaufenden Arterien eine Bewegung mitgetheilt, die im Ganzen den Typus der Pulsbewegung repräsentiren und die Einzelheiten der letzteren erkennen lässt. Auch eine leichte Hebung bei der Exspiration und Senkung bei der Inspiration sieht man an demselben. Auch an den Fontanellen der Säuglinge sind diese Bewegungen sichtbar.

Fontanellen-Puls.

Die respiratorische Bewegung rührt her von den Schwankungen des Blutgehaltes in den Venen der Schädelhöhle.

Epigastrische Pulsationen.

7. Zu den pathologischen Erscheinungen im Gebiete des Schlagaderpulses gehören die systolischen Pulsationen im Epigastrium, theils hervorgerufen vom Herzen bei Hypertrophie des rechten oder linken Ventrikels, bei Tiefstand des Zwergfelles, theils durch starkes Klopfen der meist erweiterten Abdominalaorta oder der Art. coeliaca. — Abnorme Erweiterungen (Aneurysmen) der Schlagadern lassen auch an anderen Stellen eine abnorm verstärkte Pulsation erkennen. Derartige in die Bahn einer Arterie eingeschaltete, oft spindelförmige Erweiterungen bewirken ausserdem eine Verlangsamung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswellen in der betreffenden Bahn. Daher erscheint der Puls unterhalb derselben später, als an der correspondirenden Schlagader der gesunden Seite.

Pulsationen in Aneurysmen

und bei Hypertrophie der Ventrikel.

Hypertrophie und Dilatation des linken Ventrikels machen die dem Herzen zunächst liegenden Arterien stark pulsiren; bei dem analogen Zustande der rechten Kammer pulsirt sicht- und fühlbar stärker die Pulmonalis im 2. linken Intercostalraum.

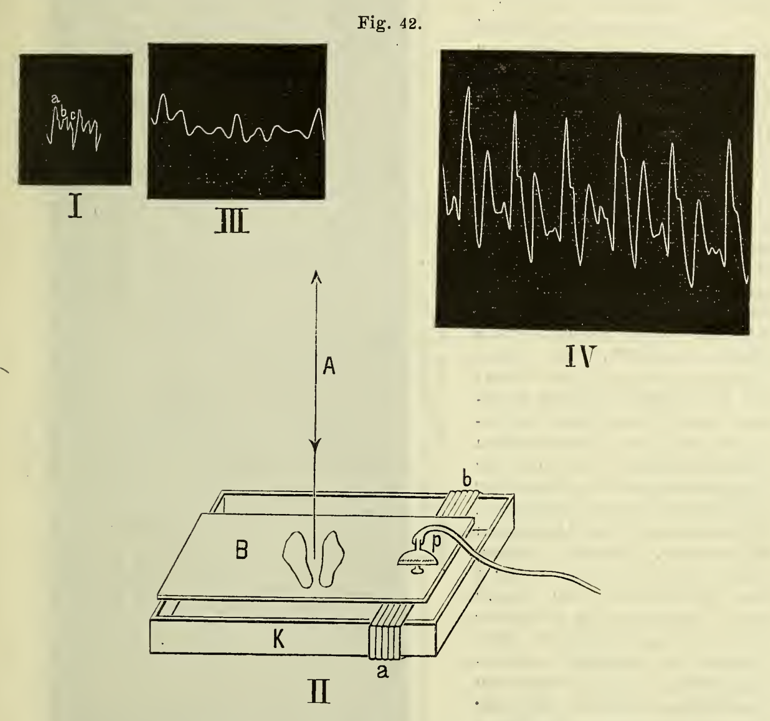
85. Die Erschütterung des Körpers durch die Herzaction und den Verlauf der Blutwellen innerhalb der grossen Gefässstämme.

Die Herz- und Pulsbewegung in unserem Körper theilen demselben in toto eine Erschütterung mit. Diese Erschütterung ist jedoch keine einfache, vielmehr setzt sie sich aus Einzelheiten zusammen, welche in der Herz- und Pulsbewegung zum Ausdruck gelangen.

Gordon hat zuerst die pulsatorische Erschütterung des Körpers graphisch dargestellt. Wenn sich eine Person in völlig aufrechter, steifer Körperhaltung auf eine gewöhnliche Federwage stellt, so zeigt der Index der Wage keineswegs eine Ruhelage an, vielmehr spielt derselbe auf und ab entsprechend ganz bestimmten Phasen der Herzthätigkeit. Gordon gibt an, dass bei jeder Systole der Zeiger der Wage heftig zum Nullpunkt hingelenkt wird. In den Intervallen der Systolen kehrt der Zeiger der Wage langsamer zum Ausgangspunkte zurück. Letzterer coincidirt fast mit dem eigentlichen Wägepunkt, den man unbeweglich nur findet, wenn der betreffende Mensch sich steif horizontal auf die Wagschale legt. Figur I zeigt uns die von Gordon aufgezeichnete Erschütterungscurve, welche direct von dem Zeiger der Federwage auf ein vorbeigeführtes berusstes Täfelchen geschrieben worden ist. Die tiefst herabreichende Partie der Curve entspricht der Systole des Ventrikels. Gordon erklärt dieses Rückgehen des Zeigers gegen den Punkt der Nichtbelastung in folgender Weise. Die Systole des Herzens wirft die Blutmasse in die Aorta, von welcher die grösste Menge durch die absteigende Aorta und weiter durch die a. a. iliacae bis gegen die Fussflächen geschleudert wird. Bei diesem energischen Stoss der Blutmasse abwärts macht der Körper einen Rückstoss, ähnlich wie das abgefeuerte Gewehr einen Reactionsstoss in der entgegen-

gesetzten Richtung erhält, als in welcher der Schuss sich entlud. Dieser ersten starken, mit der Systole des Ventrikels coincidirenden Bewegung gegen den Nullpunkt folgt eine starke Niederbewegung des Körpers, die sich als die am meisten emporgerichtete Zacke der Curve a ausprägt. Nun folgt ein zweiter Niedergang, den Gordon seiner Meinung nach als vom dikrotischen Nachschlag herrührend erkennt. Endlich erfolgt sogar ein dritter Niedergang, welcher nach seiner Ansicht dann der trikrotischen Welle entsprechen soll. Es sei uns zunächst gestattet, die normale Erschütterungscurve beim gesunden Menschen zu analysiren, bei deren Interpretation wir allerdings in manchen Punkten von der Darstellung Gordon's abweichen müssen.

Fig. 42.



I III Erschütterungscurven des Körpers eines Gesunden. II Elastische Wippe zur Registrirung der Erschütterungscurven. IV Erschütterungscurven eines an Insufficienz der Aortaklappen und hochgradiger Herzhypertrophie leidenden Mannes.

Methode der Registrirung der pulsatorischen Körpererschütterung.

Wir bedienten uns zunächst einer besonderen Versuchseinrichtung (Fig. 42 II), die mit Leichtigkeit hergestellt werden kann. Wir nahmen einen niedrigen, oben offenen, länglich-viereckigen Kasten (K) und spannten unweit der einen Schmalseite bei a b dicht nebeneinander eine Anzahl stark angezogener dicker Gummischläuche. Ein viereckiges Brett (B), kleiner als die Oeffnung des Kastens, wird so gelegt, dass dasselbe mit dem einen Ende auf den Gummischläuchen, mit dem anderen auf der schmalen Kante des Kastens ruht. Auf diesem Brette steht die Versuchsperson (A), senkrecht in möglichst steifer Körperhaltung. Je nachdem dieselbe mehr Stellung nimmt gegen die Schläuche hin oder gegen die feste Kastenwand hin, wird die Erschütterung des Körpers bald grösser, bald geringer ausfallen. Auf dem Ende des Brettes, welches den

elastischen Binden aufliegt, wird ein pulsregistrirendes Werkzeug applicirt, welches nunmehr entsprechend den Erschütterungen des Grundbrettes die Erschütterungscurve verzeichnet. In der Curve III sehen wir die Erschütterung eines Mannes verzeichnet, die mit I übereinstimmt, unter der alleinigen Ausnahme, dass jedem Herzschlage 4 hintereinander folgende Oscillationen entsprechen, weil die Dauer zwischen zwei Herzschlägen länger ist, als bei I.

Es gilt nun, den Grund der einzelnen Zackenbildung zu ermitteln. Zu dem Behufe wurde der Versuch gemacht, bei einem normalen männlichen Individuum die Erschütterungscurve und gleichzeitig die Herzstosscurve zu verzeichnen. Zu diesem Behufe wurde die eine Büchse (p) des Brondgeest'schen Pansphygmographen (vgl. Figur 30) auf das schwingende Brett, auf welchem die Versuchsperson stand, applicirt, die andere Büchse wurde mit ihrer Pelotte auf die Herzstossgegend applicirt. Beide Schreibhebel zeichneten auf der schwingenden Stimmgabelplatte, der obere die Erschütterungscurve, der untere die Herzstosscurve registrirend. Es muss zunächst, um Irrthümern zu begegnen, bemerkt werden, dass bei Gordon in Figur I das Niedergehen der Curve einer geringeren Belastung der Unterlage entspricht, dass dagegen in unseren Versuchseinrichtungen ein Niedergehen der Curven andeutet, dass der Körper einen stärkeren Druck auf die Unterlage ausübt.

In der unteren Reihe zunächst (welche die Herzstosscurve enthält) zeigt der steil aufgehende Schenkel der Curve die Systole des Ventrikels an. Dieselbe enthält 8 Schwingungen (1 Schwingung = 0,01613 Secunde). Der Beginn der Ventrikelsystole ist in der Figur bezeichnet durch die Zahlen 8—36—3—17.

Betrachtet man die correspondirenden Stellen in der Erschütterungscurve in der

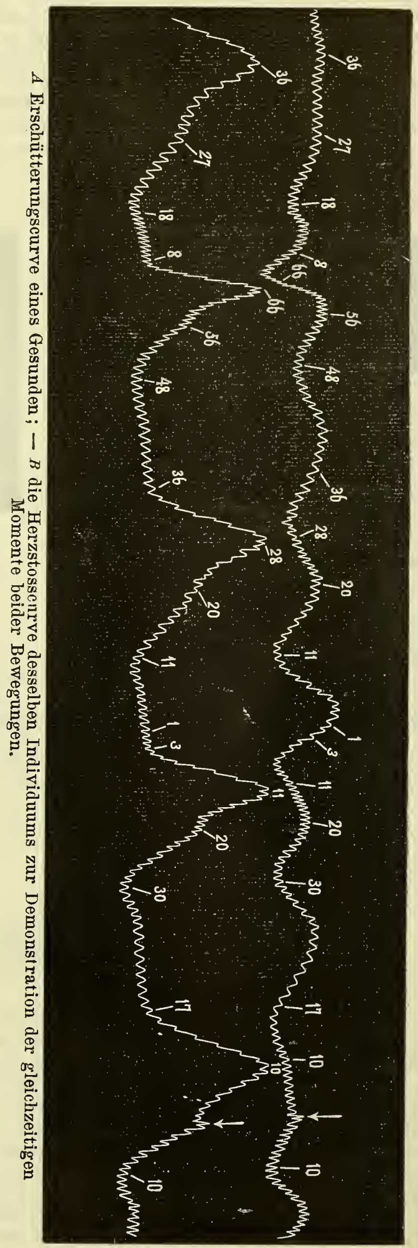


Fig. 43.

A Erschütterungscurve eines Gesunden; — B die Herzstosscurve desselben Individuums zur Demonstration der gleichzeitigen Momente beider Bewegungen.

oberen Reihe, welche durch dieselben Zahlen markirt sind, so sieht man, dass in dem Momente der Ventrikelsystole der Körper eine Schwingung abwärts erfährt. Der Körper übt also in diesem Momente einen stärkeren Druck auf die Unterlage aus; Gordon hat irrthümlich gerade das Entgegengesetzte berichtet. Diese Abwärtsbewegung dauert jedoch nur gegen 5 Schwingungen der Stimmgabel; den letzten 3 Schwingungen der Ventrikelsystole entspricht bereits ein Aufwärtsgehen des Körpers auf dem Schwungbrette, entsprechend einer geringeren Belastung. In dem Momente, in welchem der Ventrikel sich systolisch entleert, erfährt derselbe eine nach unten und aussen gerichtete Bewegung, den Reactionsstoss im Gutbrod'schen Sinne, wodurch die Herzspitze gegen den Intercostalraum, die anliegende Ventrikelwand gegen das Zwerchfell andrängt. Die Gordon'sche Interpretation, als wenn dieses Niedergehen (bei seiner Schreibvorrichtung einer geringeren Belastung entsprechend) durch ein Aufstossen der Blutsäule gegen die Fussflächen erfolge, so dass der Körper den Reactionsstoss aufwärts erhielte, im Sinne einer Minderbelastung ist unhaltbar. Nach meinen Untersuchungen verstreicht bei einem mittelgrossen Erwachsenen zwischen dem ersten Herzton und dem Pulse in der A. pediaea 0,356 Secunde. Es müssten also nach der Systole des Herzens allein mehr als 20 Vibrationen verstreichen, ehe überhaupt die Welle vom Ventrikel zur Fussfläche ankommt, d. h. ehe das Niedergehen der Erschütterungsbewegung statt hat. Wir sehen jedoch, dass sofort mit der Systole des Herzens das Niedergehen entsprechend einer Mehrbelastung stattfindet. Es muss daher auch synchronisch mit der Entleerung des Ventrikels selbst verlaufen. Etwa den 3 letzten Schwingungen entsprechend, die auf die Systole des Ventrikels entfallen, geht auch die Schwingungscurve empor.

Entsprechend den Curvengipfeln der Ventrikelcontraction sind in der oberen Reihe überall die analogen Zahlen zur Bezeichnung der gleichzeitigen Schwingungen eingetragen: 36 — 66 — 28 — 11 — 10. An manchen Stellen, wie bei 36 — 10 und 11 zeigt auch die Erschütterungscurve an diesen Punkten eine leichte gipfelartige Erhebung. Ich glaube, dass diese Erhebung herrührt von den gegen den Kopf aufsteigenden Wellen, die sich durch die Carotiden und Subclavien aufwärts begeben und dem Kopfe und somit dem ganzen Körper einen Stoss aufwärts ertheilen. Die 8 auf die Ventrikelcontraction entfallenden Schwingungen betragen 0,129 Secunde. Früher habe ich berechnet, dass 0,085 Sec. nach dem Beginne der Ventrikelcontraction die Semilunarklappen der Aorta sich öffnen. Vom Eintritt der Pulswelle in die Aorta bis zur Art. axillaris läuft die Pulswelle 0,0522 Sec. Für die etwas kürzere Strecke der Carotiden mögen etwa gogen 0,044 Sec. genügen. Diese Zeit (0,129 minus 0,085) wäre in der That der Pulswelle gegeben, um gegen den Kopf prallend eine Aufwärtsschwankung des Körpers zu bedingen. Während nach dieser Erschütterung der Körper noch so aufwärts gehoben ist, erfolgt eine zweite, im gleichen Sinne wirksame Erschütterung. Durch den prompten Schluss der Semilunarklappen wird eine positive Welle erregt, die zunächst ebenfalls gegen den Kopf hin als auf der kürzesten Arterienbahn vordringt. Der Schluss der Semilunarklappen ist in den 5 Herzstosscurven der unteren Reihe überall deutlich ausgeprägt (27 — 56 — 20 — 20). In der letzten Herzstosscurve bezeichnet ein kleiner abwärts gerichteter Pfeil für beide übereinander stehenden Curvenreihen die zeitlich identische Schwingung: hier wurde behufs der Markirung ein kurzer erschütternder Schlag auf die Stimmgabel abgegeben. Von diesen Pfeilen aus sind alle Zahlen in beiden Curvenreihen abgezählt worden. Der prompte Schluss der Semilunarklappen erzeugt in den Pulscurven der Aorta eine kleine Elevation; es ist daher nicht auffallend, dass diese Elevation auch dem gesammten Körper einen leichten Aufwärtsstoss ertheilt.

Nach dem Schluss der Semilunarklappen, der sich in den analogen Stellen beider Reihen deutlich ausprägt, erfolgt ein Niedergehen der elastischen Grundfläche. Es muss dieses natürlich auf ein Moment bezogen werden, welches in dem Körper eine Pression abwärts hervorruft. Wir zählen in der unteren Reihe an den Herzstosscurven

noch 8 Schwingungen, bis der Schreibhebel die Grundlinie der Curvenreihe erreicht. Es entspricht dies 0,129 Secunde. Es ist klar, dass nach dem Schluss der Semilunarklappen sich die Pulswelle durch die Aorta descendens abwärts bis in die Schenkelgefässe fortpflanzt. Dieses Fortschreiten der Pulswelle dauert vom zweiten Herztone bis zum Schlag der Fussarterien 0,312 Secunde. Es fällt somit ganz unbedingt das Niedergehen des Körpers auf der elastischen Grundfläche in die Zeit der Abwärtsbewegung der Pulswelle. Dem Niedergehen folgt weiterhin ein Aufsteigen. Da jedoch um diese Zeit der Herzbewegung promptere und wuchtigere Bewegungsvorgänge sich nicht mehr vollziehen, so kann man in Anbetracht der erheblichen Eigenschwingungen der ganzen Vorrichtung nunmehr eine genauere Bestimmung der correspondirenden Einzelheiten füglich nicht mehr versuchen. Es mag richtig sein, wenn man sagt, dass dem Aufwärtsgehen der Schwingungscurve eine Rückwärtsbewegung und Aufwärtsbewegung der Wellen im Gefässsysteme zu Grunde liegt, welche dem dikrotischen Nachschlage voraufgeht. Von der Dauer der einzelnen Herzschläge wird es abhängen, wie lange noch Oscillationen der schwingenden Grundlage bis zum nächsten Herschlage erfolgen.

Es muss hier genügen, die Coincidenz einzelner Theile der Erschütterungscurven mit den am energischsten markirten Phasen der Herz- und Pulsbewegung in Beziehung zu bringen. Auf die Feststellung der genauen Zeitverhältnisse ist indessen wenig Gewicht zu legen, da die sehr bedeutenden Eigenschwingungen der ganzen Vorrichtung die Erschütterungsbewegung beeinflussen muss.

Körpererschütterung bei Insufficienz der Aortaklappen.

Bei der Insufficienz der Aortaklappen ist die dem Körper durch die Herzaction mitgetheilte Erschütterung eine sehr bedeutende. Im Grossen und Ganzen, aber natürlich nur erheblicher verstärkt, lassen sich in der Erschütterungscurve dieselben Einzelheiten erkennen, welche in der Erschütterungscurve des Gesunden bereits besprochen sind. In der vorstehenden Figur 42 IV zeigt sich die Erschütterungscurve in allen ihren Einzelheiten. Der am meisten emporragende Theil der Curve, welcher zur höchsten Spitze emporführt, fällt, sowie der vor dem aufsteigenden Schenkel dieser grössten Erhebung belegene, stets charakteristisch ausgedrückte Niedergang, auf die Systole des Ventrikels. Unterhalb der Spitze der höchsten Elevation markirt sich ein kleiner Absatz, welcher herrührt von einer nur geringen Erschütterung, welche die theilweise zerstörten Semilunarklappen bei ihrer unvollkommenen Schlussbewegung dem Blute mittheilen. Die gewaltige Blutwelle, welche nach dem Spiel der Semilunarklappen durch die absteigende Aorta und die aa. iliacae niedergeht, bedingt den tiefsten Niedergang der elastischen Grundfläche in der Schwingungscurve bei der Insufficienz der Aortenklappen. An diese schliesst sich ein Emporgehen durch die centripetal gerichtete Wellenbewegung bedingt. Ein sodann erfolgendes geringeres drittes Aufsteigen, welches jedoch relativ sehr niedrig auftritt, scheint der Entwickelung der dikrotischen Welle im abwärts gerichteten Theile der Schlagaderbahn zu entsprechen.

86. Strombewegung des Blutes.

Das Gefässsystem ist etwas überfüllt.

Das in sich geschlossene, vielfach verzweigte, mit Elasticität und Contractilität der Wandungen begabte System der Blutgefässe ist nicht allein vollkommen mit Blut angefüllt, sondern es ist sogar um etwas überfüllt. Die gesammte Blutmasse ist nämlich an Volumen etwas grösser, als der Hohlraum des gesammten Gefässsystemes. Daraus folgt, dass die Blutmasse auf die Wandungen überall einen Druck ausüben muss, der eine entsprechende Dehnung der elastischen Gefässhäute bedingt (Brunner). Dies gilt jedoch nur während des Lebens; nach dem Tode erfolgt eine Erschlaffung der Muskeln

der Gefässe und ein Uebertritt von Blutflüssigkeit in die Gewebe, so dass nun die Gefässe sogar theilweise leer angetroffen werden.

Denkt man sich die Blutmasse durch das ganze Röhrengebiet gleichmässig vertheilt, unter überall gleich hohem Drucke, so wird sich dieselbe in der ruhenden Gleichgewichtslage befinden (wie kurz nach dem Tode). Ist jedoch an einer Stelle des Röhrengebietes der Druck, unter welchem das Blut steht, erhöht, so wird dasselbe von dieser Stelle des höheren Druckes dorthin ausweichen, wo der geringere Druck herrscht: Die Strombewegung (Verschiebung der Blutmasse) ist somit die Folge der herrschenden Druckdifferenz.

Der Blutstrom ist Folge der Druckdifferenz.

Die Schnelligkeit, mit welcher die Strombewegung vor sich geht, ist um so grösser, je grösser die Druckdifferenz ist, und je geringer die Widerstände sind, welche sich der Strombewegung entgegenstellen.

Die die Strombewegung des Blutes erzeugende Druckdifferenz schafft das Herz (E. H. Weber). Für den grossen wie für den kleinen Kreislauf liegt die Stelle des höchsten Druckes in der Wurzel der arteriellen Bahn, die Stelle des niedrigsten Druckes in den Endtheilen der venösen Gefässe. Daher wird von den Arterien stetig das Blut durch die Capillaren den grossen Venenstämmen zufliessen.

Die Herzthätigkeit unterhält die wirksame Druckdifferenz.

Das Herz unterhält die zum Kreislaufe nöthige Druckdifferenz dadurch, dass es mit jeder Systole der Kammern eine gewisse Menge Blutes in die Arterienwurzeln wirft, nachdem diese Menge unmittelbar zuvor den Enden der Venenstämme entzogen war, durch die Diastole der Vorkammern.

Diesen namentlich von E. H. Weber formulirten Sätzen über die Ursachen der Strombewegung des Blutes ist noch ein wichtiger Satz von Donders zuzufügen. Dieser Forscher hat bewiesen, dass das Herz durch seine Arbeit nicht allein die für die Strombewegung nothwendige Druckdifferenz schaffe, sondern dass das Herz zugleich den mittleren Druck im Kreislaufssysteme erhöhe. Die Enden der grossen in das Herz einmündenden Venen sind nämlich weiter und dehnbarer als die Ursprünge der Arterien. Wenn nun das Herz die gleichgrosse Flüssigkeitsmasse aus den Venenenden in die Arterienanfänge versetzt, so muss hierdurch der arterielle Druck (eben wegen der ungleichen Weite und Dehnbarkeit) stärker wachsen, als der venöse abnimmt: die Summe des Gesammtdruckes muss also steigen.

Die Herzthätigkeit erhöht den mittleren Druck.

Die Massenbewegung des Blutes würde stossweise oder intermittirend vor sich gehen, 1. wenn die Röhren mit starren Wandungen ausgestattet wären, denn in diesen pflanzt sich ein auf die Flüssigkeit ausgeübter Druck momentan durch die ganze Länge der Röhren fort, und es hört auch die Bewegung der Flüssigkeit sofort mit dem Aufhören des druckerhöhenden

Ursachen der continuirlichen Strömung.

Stosses wieder auf. — 2. Die Bewegung würde auch innerhalb elastischer Röhren dann noch intermittirend erfolgen, wenn die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Systolen länger wäre, als die zur Wiederausgleichung der systolisch gesetzten Druckdifferenz nöthige Strombewegung andauerte. Ist diese Zeit jedoch kürzer bemessen, als die Druckausgleichung erfordern würde, so wird das Strömen continuirlich. Je schneller Systole auf Systole erfolgt, um so höher wird die Druckdifferenz, wobei die elastischen Wandungen der arteriellen Röhren stark gedehnt werden. In der so hervorgebrachten continuirlichen Strombewegung wird jedoch noch stets die plötzliche, durch das systolische Einpumpen einer Blutmasse von der Grösse des Ventrikelraumes bewirkte Druckerhöhung sich als eine stossartige Acceleration des Stromes (Puls) zu erkennen geben.

Die pulsatorische Acceleration.

Diese stossweise auftretende Beschleunigung der Strombewegung pflanzt sich durch die arterielle Bahn mit der Schnelligkeit der Pulswelle fort: beiden liegt dasselbe ursächliche Moment zu Grunde. Jeder Pulsschlag bringt also eine vorübergehende schnell fortschreitende Beschleunigung der Flüssigkeitstheilchen mit sich. Aber sowie die Form der Pulsbewegung keine einfache ist, so ist es auch diese pulsatorische Strombeschleunigung nicht. Vielmehr erfolgt auch diese völlig den Gesetzen der Entwickelung der Pulswellen: Die Pulscurve ist die bildliche Darstellung der pulsatorischen Acceleration der Strombewegung. In ihr entspricht jedes Ansteigen des Curvenschenkels einer Acceleration, jedes Niedergehen einer Retardirung der Strombewegung.

Durch einfache physikalische Versuche lassen sich die erörterten Verhältnisse veranschaulichen: Aus einer starren Röhre, welche mit dem Ausflussrohr einer Spritze in Verbindung gebracht ist, wird allemal bei jeder Vorbewegung des Stempels das Wasser stossweise, zeitlich genau der Stempelbewegung entsprechend, ausgetrieben. — Ueber die Wirkung intermittirenden Einpressens von Flüssigkeit in ein mit Elasticität begabtes Röhrensystem gibt uns ein schlagendes Beispiel die Feuerspritze. Hier ist die in elastischer Spannung befindliche Luft des Windkessels statt der Elasticität der Röhren selbst am Circulationsapparate wirksam. Bei langsamer intermittirenden Pumpenschlägen erfolgt das Ausspritzen stossweise mit Unterbrechungen. Häufen sich die Pumpbewegungen, so bewirkt die comprimirte Luft des Windkessels ein continuirliches Ausströmen, an welchem jedoch noch deutlich, jedem Pumpenschlag entsprechend, eine Beschleunigung des Strahles bemerkbar ist.

Dass in einem elastischen Schlauche die Wassertheilchen während der Strömung durch jede pulsatorische Wellenerregung eine Bewegung vollführen, entsprechend dem Bilde der Pulscurve, konnte ich leicht so demonstriren, dass ich in einen elastischen langen Schlauch, in welchem Strom und Wellenbewegung durch intermittirendes Einpumpen erregt wurde, ein kurzes Glasröhrchen einschaltete, in dessen Lumen durch eine seitliche Oeffnung ein Fädchen im Strome flottirte. Unmittelbar davor war am Schlauche ein Sphygmograph applicirt. Jeder Pulsschlag bewirkte eine isochrone Bewegung des Sphygmographen und des Fädchens und zwar ganz genau so, dass jedem Aufwärtsgehen des Schreibhebels ein stärkeres Flottiren des Fädchens gegen die Peripherie hin entsprach, jedem Niedergang ein leichter Rückgang.

Gleichmässiger Strom in den Capillaren.

In den Capillargefässen hört mit dem Erlöschen der Pulswelle auch die pulsatorische Acceleration der Strombewegung auf. Die bedeutenden Widerstände, welche sich der Strombewegung gegen das Capillargebiet hin darbieten, machen allmälig beide erlöschen. Nur wenn die Capillargefässe sehr erweitert werden, und der Druck im arteriellen Gebiete zunimmt, kann mit dem Pulse auch die pulsatorische Beschleunigung der Strombewegung durch die Capillaren hindurch bis in die Venenanfänge sich forterstrecken. So sieht man es an den Gefässen der Speicheldrüsen nach Reizung des N. facialis, der die Gefässbahnen erweitert. Umschnürt man einen Finger mit einer elastischen Schnur, die den Rücklauf des Venenblutes erschwert und den arteriellen Druck unter Erweiterung der Capillaren des Fingers erhöht, so sieht man isochron mit dem bekannten klopfenden Gefühl die geschwellte Haut sich intermittirend stärker röthen. Das ist der so hervorgerufene Capillarpuls.

87. Schematische Nachbildung des Kreislaufes.

Schema des Kreislaufes.

Die besprochenen Einrichtungen des Kreislaufes gestatten eine Nachahmung der wesentlichsten Verhältnisse durch physikalische Mittel in dem sogenannten Schema des Kreislaufes. Es soll hier das Weber'sche Schema in Kürze besprochen werden. Die Arterienbahn und die (etwas weitere) Venenbahn sind durch Strecken eines Thierdarmes dargestellt.

Das System der Capillaren zwischen beiden wird gebildet durch ein hinreichend weites Glasrohr, welches jedoch in seinem Lumen durch ein Stück Waschschwamm ausgefüllt wird. Ein kurzes Darmstück, welches an beiden Enden ein Stück Glasröhre eingebunden trägt, soll das Herz repräsentiren. An dem nach dem Arterienstamme gerichteten Glasrohre ist die Klappenvorrichtung angebracht. Letztere ist so dargestellt, dass ein Stück Dünndarm die Glasröhre überragt und an seinen freien Rändern mit drei Fäden befestigt ist. Durch dieses Darmstück kann Wasser nur eindringen von dem Glasrohr gegen den freien Darmrand hin, nicht umgekehrt, da sich dann die freien Ränder zusammenlegen und das Lumen schliessen. Von der venösen Seite her ist eine gleichgebildete Klappe, durch ein besonderes Röhrenende getragen, in die zugewandte Glasröhre des Herzens eingefügt. Die beiden Klappen schlagen nach derselben Richtung auf. Der ganze Apparat wird durch Wasser (durch einen Trichter) mässig stark gefüllt. Wird nun das Herzstück comprimirt, so strömt der Inhalt durch die arteriellen Klappen in den Arterientheil; — nach Aufhören der Compression strömt aus dem Venentheil wiederum Wasser durch die venösen Klappen in das Herz hinein. Durch diesen Apparat kann man die Strombewegung, die bei schnelleren Compressionen des Herzstückes continuirlich wird, und die Pulsbewegung demonstriren. Letztere geht über das Capillargebiet nicht hinaus, weil die grossen Widerstände innerhalb der vielen Poren des Schwammes die Kraft der Pulswellen vernichten.

Complicirtere Nachbildungen des Kreislaufes, die jedoch im Grunde nichts mehr zu versinnlichen vermögen, als dieses primitive Schema von Weber, sind von verschiedenen Seiten zusammengestellt worden, eine der complicirtesten von Marey.

88. Capacität der Ventrikel.

Da das Herz die zur Kreislaufsbewegung des Blutes nothwendige Druckdifferenz dadurch herstellt, dass dasselbe durch die systolische Entleerung seiner Ventrikel eine bestimmte Blutmasse in die Wurzel der beiden grossen Arterien wirft, so wird es erforderlich, diese Blutmasse zu bestimmen.

Die Capacität beider Kammern ist gleich gross.

Da der rechte und linke Ventrikel gleichzeitig sich contrahiren und dazu gerade soviel Blut durch den kleinen, wie durch den grossen Kreislauf hindurchströmen muss, so folgt, dass der rechte Ventrikel gerade so geräumig sein muss, als der linke.

Methoden der Bestimmung.

Zur Bestimmung der Ventrikelcapacität sind folgende Verfahren ersonnen:

1. Man misst direct durch Einfüllen mit Blut den Kammerraum des erschlafften todten Herzens aus (Legallois und Collin). (Unsicher, da es unbekannt ist, unter welchem Drucke sich der lebendige Ventrikel nach der Contraction der Vorkammern füllt.)

2. Das gefüllte und erschlaffte Herz wird an allen Gefässen unterbunden, hierauf herausgenommen und der Inhalt der Höhlen wird gemessen.

3. Volkmann hat durch Rechnung die Capacität des linken Ventrikels in folgender Weise festgestellt. Man bestimmt den Querschnitt der Aorta, ferner die Schnelligkeit des Blutstromes in derselben (siehe diese am betreffenden Orte). Hieraus berechnet man, wie viel Blut in einer Zeiteinheit durch die Aorta läuft. Da die Blutmenge des Körpers (= $^1/_{13}$ des Körpergewichtes) bekannt ist, so berechnet sich leicht, innerhalb welcher Zeit diese durch die Aorta strömen muss. Weiss man endlich, wie viele Systolen auf diese letztere entfallen, so kommt auf jede derselben der der Kammercapacität entsprechende Blutantheil. Gestützt auf zahlreiche Thierversuche berechnet er so den Werth auf $^1/_{400}$ des Körpergewichtes; dieser ist für einen Menschen von 75 Kilo = 187,5 Gr. (Auch diese Bestimmung lässt an Genauigkeit zu wünschen, da die Bestimmung der Stromgeschwindigkeit in der Aorta, die überdies nach Ludwig und Dogiel erheblich schwanken kann, nur mit annähernder Sicherheit gelingen kann.)

89. Messung des Blutdruckes.

Methoden der Blutdruckmessung. Hales'sche Röhre.

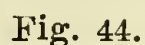
1. Steph. Hales band zuerst (1727) in die Seitenwand eines Gefässes eine lange Glasröhre ein und bestimmte den Blutdruck durch Messung der Höhe der Blutsäule, bis zu welcher das Blut in dieser Röhre emporstieg.

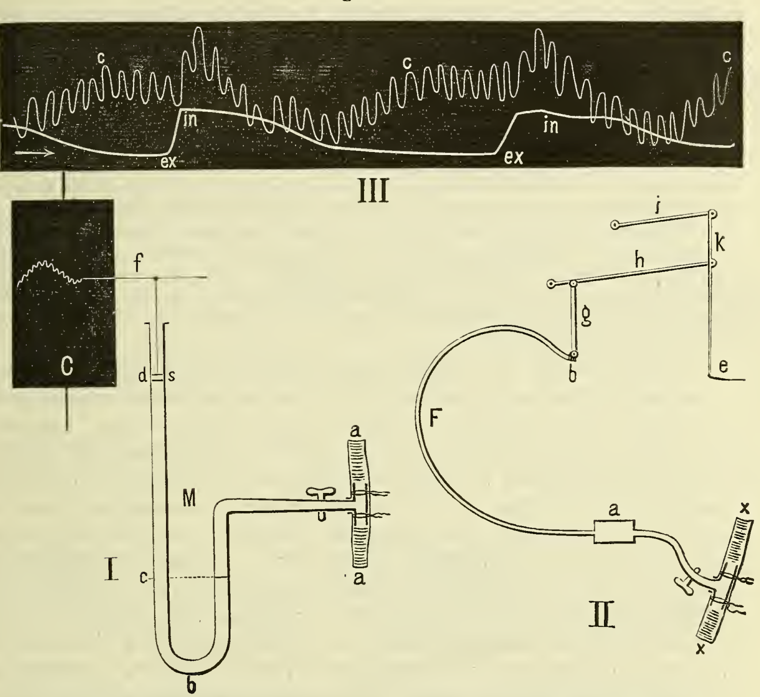
Die Hales'sche Röhre besass an ihrem unteren Ende ein rechtwinkelig gebogenes, gegen das Herz gerichtetes Kupferröhrchen, sie stellte also eigentlich eine sog. Pitot'sche Röhre dar. Dieser benützte eine ähnliche Röhre, um in Flüssen die Stromgeschwindigkeit zu bestimmen. Nach dem Grade der Stromgeschwindigkeit steigt nämlich durch den der Strömung zugewandten Rohrschenkel die Flüssigkeit empor in dem senkrecht aus dem Wasser emporragenden Schenkel. Diese Erhebung ist diese „Geschwindigkeitshöhe“: sie zeigt an, dass das Wasser mit einer Geschwindigkeit fliesst, wie ein freifallender Körper, der von der Geschwindigkeits-Höhe niederfiele. So misst also die Hales'sche Röhre nicht allein die Spannung des Blutes, sondern zugleich die Geschwindigkeitshöhe desselben. Letztere ist jedoch der ersteren gegenüber verschwindend klein.

2. Poiseuille wandte sodann (1828) eine U-förmige, mit Quecksilber gefüllte Manometerröhre an, die seitlich durch ein starres Ansatzstück in die Wand des Gefässes eingefügt wurde.

Poiseuille's Hämatodynamometer.

Zweckmässig kann man auch ein ⊢-förmiges Röhrchen zur Verbindung der Ader mit dem Manometer so anwenden, dass die gerade durchgehenden Enden in das geöffnete Gefäss (I a a), der senkrecht daraufstehende Schenkel durch ein Bleirohr mit dem Manometer vereinigt wird (siehe bei I). Das Werkzeug wurde Haematodynamometer genannt.


Fig. 44.



I C. Ludwig's Kymographium; — *II* A. Fick's Federkymographium; — *III* gleichzeitig verzeichnete (oben) Blutdruckcurven und (unten) Athmungscurven nach Ludwig und Einbrodt.

3. C. Ludwig setzte auf die Quecksilbersäule einen Schwimmer (ds), der an einem senkrechten Drahte oben eine horizontal gerichtete Schreibvorrichtung (f) trägt, welche auf einer durch ein Uhrwerk gleichmässig rotirenden Trommel (c) sowohl die Höhe des Blutdruckes, als auch die pulsatorischen Schwankungen desselben verzeichnet. Volkmann belegte dieses Werkzeug mit dem Namen Kymographium (Wellenzeichner). Die Differenz der Niveauhöhen der Quecksilbersäulen (c d) in beiden Schenkeln der Röhre zeigt den Druck innerhalb des Gefässes an. (Wird die Quecksilberhöhe mit 13,5 multiplicirt, so hat man die Druckhöhe einer entsprechenden Blutsäule.)

C. Ludwig's Kymographium.

Setschenow brachte in der Mitte der unteren Biegung (bei h) der Röhre einen Hahn an. Wird dieser so weit zugedreht, dass nur eine feine Communicationsöffnung übrig bleibt, so kommen die pulsatorischen Schwankungen nicht mehr zum Ausdruck; das Werkzeug zeigt dann einfach den mittleren Druck an. Es ist dies in dieser Herrichtung zu letzterem Zwecke das zuverlässigste Werkzeug von allen.

Die pulsatorischen Druckschwankungen geben sich an dem Kymographium als einfache Berge (siehe bei III) zu erkennen, stimmen daher mit den durch die Sphygmographen gewonnenen Curven gar nicht überein. Das durch die Pulsschläge einmal in Bewegung versetzte Quecksilber vollführt vermöge seiner grossen Eigenschwingung nur auf- und niedergehende Bewegungen, an denen alle feineren Nüancen der Pulsbewegungen völlig verwischt sind. Aus diesem Grunde kann das Kymographium nur zur Registrirung des Blutdruckes, aber niemals der Pulscurven verwendet werden.

Ausmessung der Kymographium-Curven.

Handelt es sich darum, aus einer längeren, mit vielfachen Erhebungen und Senkungen versehenen Blutdruckcurve, die auf einem Papiere verzeichnet ist, den mittleren Blutdruck zu bestimmen, so bedient man sich hierzu des Planimeters. Man umfährt mit diesem Werkzeug die ganze Grenze der Curvenfläche (nämlich die Curvenlinie, die Abscisse (Basis) und die Anfangs- und Endordinate) und kann am Instrument direct ablesen, wieviel □Mm. das Areal umfasst. — Ist das Curvenpapier in Quadrate getheilt, so kann man die Grösse des von der Curve umfassten Areales annähernd genau auszählen. — Volkmann schnitt das Curvenareal aus und wog es, und verglich mit ihm ein Rechteck desselben Papieres von derselben Grundlinie, dessen Höhe natürlich die mittlere Höhe der Curvenlinie angeben muss.

A. Fick's Federmanometer.

4. A. Fick hat (1864) nach dem Principe des an Dampfmaschinen vielfach angebrachten Bourdon'schen Hohlfedermanometers das „Federkymographion“ construirt (II). Eine C-förmig gebogene, im Innern hohle (und mit Alkohol gefüllte) Metallfeder (F) wird an ihrem unteren Ende a mit der Seitenwand der Arterie durch ein passendes Ansatzstück in Verbindung gesetzt; das andere Ende der Feder ist geschlossen. Die gebogene Hohlfeder hat die Neigung in eine mehr gestreckte Stellung überzugehen, sobald der Innendruck zunimmt. Es ist nun mit dem geschlossenen Ende (b) ein senkrechtes Stäbchen (g) in Verbindung gesetzt, welches auf ein aus leichten Schilfstäbchen zusammengesetztes Schreibhebelwerk (h i k e) wirkt, das auf einer gleichmässig vorbeigezogenen Fläche schreibt. Es wird sowohl der Blutdruck, als auch die vom Pulse herrührende periodische Schwankung verzeichnet. Letztere ebenfalls nicht mit genügender Genauigkeit, da die Einzelheiten der Pulscurven durch die zu grosse Schwerfälligkeit des Instrumentes nicht zum Ausdruck gelangen können.

90. Der Blutdruck in den Arterien.

Die durch die Druckmesser festgestellten Ergebnisse über den Druck in den Arterien des grossen Kreislaufes, sind folgende:

Der mittlere Blutdruck in den Arterien.

a) Der Blutdruck in den Arterien ist ein sehr erheblicher, innerhalb ziemlich weiter Grenzen schwankend; er beträgt in den grösseren Arterien der grossen Säugethiere und wahrscheinlich auch des Menschen 140—160 Mm. einer Quecksilbersäule.

Carotis, Pferd 161 Mm. (Poiseuille).
„ „ 122—214 Mm. (Volkmann).
„ Hund 151 Mm. (Poiseuille).
„ „ 130—190 Mm. (Ludwig).
„ Ziege 118—135 Mm. (Volkmann).
„ Kaninch. 90 Mm. (Volkmann).
„ Huhn 88—171 Mm. (Volkmann).

Aorta des Frosches 22—29 Mm. (Volkmann).
Kiemenarterie, Hecht 35—84 Mm. (Volkmann).
Beim Menschen in der Arteria brachialis (bei einem Operirten) 110—120 Mm. (Faivre); vielleicht in Folge der Verletzung und Krankheit etwas zu niedrig.

In der Aorta der Warmblüter veranschlagt man den Druck zu 200 bis 250 Mm.

Im Allgemeinen ist der Blutdruck bei grösseren Thieren grösser als bei kleineren, weil bei jenen wegen der erheblicheren Länge der Blutbahnen grössere Widerstände zu überwinden sind. Sehr junge und sehr alte Thiere haben niedrigeren Druck, als Individuen auf der Höhe der Lebensfunctionen.

Mit reichlicher Verästelung der Gefässe nimmt der Druck ab.

b) Innerhalb der grossen Arterienstämme nimmt der Blutdruck gegen die Peripherie hin nur relativ wenig ab, weil die Differenzen der Widerstände in den verschiedenen Strecken grosser Röhren nur unerheblich sind. Sobald jedoch die Schlagadern unter vielfacher Theilung eine erhebliche Verjüngung des Lumens erleiden, nimmt in ihnen der Blutdruck stark ab, weil die Treibkraft des Blutes durch die Ueberwindung hierdurch gesetzter zahlreicher Widerstände geschwächt werden muss.

Einfluss der Gefäss-Füllung.

c) Der arterielle Druck nimmt zu mit grösserer Füllung der Schlagadern, und umgekehrt; er nimmt daher

zu:
1. Mit der verstärkten und beschleunigten Herzaction.
2. Bei Vollblütigen.
3. Nach Vermehrung der Blutmasse entweder durch directe Bluteinspritzung oder reichliche Nahrungsaufnahme.

ab:
1. Mit geschwächter und verlangsamter Herzthätigkeit.
2. Bei Blutarmen.
3. Nach Blutverlusten oder bedeutenden Ausgaben aus dem Blute (z. B. durch Schweiss, Harn, starken Durchfall).

Kleine und mittelgrosse Aderlässe (beim Hund bis zu 2,8% des Körpergewichtes) haben noch keinen nennenswerthen Abfall des Blutdruckes zur Folge; nach kleinen Blutverlusten kann er sogar steigen (Worm Müller). Grosse Entziehungen bringen jedoch ein starkes Sinken des Blutdruckes hervor (Hales, Magendie).

Einfluss der Capacität der Gefässe.

d) Der arterielle Druck steigt mit der Verengerung des Innenraumes der Schlagadern und umgekehrt. In dieser Beziehung wirkt die Contraction oder Relaxation der glatten Muskelfasern der Arterienröhren.

Einfluss des Stromes in d. Collateral-Gefässen.

e) Der arterielle Druck innerhalb eines gewissen Gebietes des Schlagadersystemes muss steigen oder fallen, je nachdem benachbarte Gebiete sich verengern, eventuell sogar durch Druck (oder Unterbindung) unwegsam gemacht sind, — oder sich erweitern. Anwendung von Kälte oder Wärme auf beschränkte Körpertheile, — ferner von Druck oder Druck-

verminderung (letztere durch Einbringung einer Extremität in einen abgeschlossenen luftverdünnten Raum, z. B. den Junod'-schen Schröpfstiefel), — von Reizung oder Lähmung gewisser Vasomotorenbezirke liefern hierfür schlagende Belege.

Die respiratorischen Blutdruckschwankungen.

f) Der Druck in den Arterien erleidet durch die Athembewegungen regelmässige Schwankungen, die sogenannten respiratorischen Druckschwankungen, und zwar der Art, dass bei jeder stärkeren Inspiration der Druck sinkt, bei jeder Exspiration steigt. Diese Schwankungen erklären sich zunächst leicht daraus, dass mit jeder Exspiration das Blut in der Aorta den Druckzuwachs durch die comprimirte Luft im Thorax erfährt, bei jeder Inspiration hingegen die Druckabnahme durch die auf die Aorta wirkende Verdünnung der Luft in den Lungen. Ausserdem aspirirt die inspiratorische Thoraxerweiterung das Blut der Hohlvenen zum Herzen, die Exspiration staut es an und wirkt so auch auf den Blutdruck. Die Schwankungen sind am ausgesprochensten in den dem Thorax naheliegenden Arterien.

Zum Theil rühren aber die respiratorischen Druckschwankungen her von einer mit den Athembewegungen parallel gehenden Erregungsschwankung des vasomotorischen Centrums, wodurch sich, jener Anregung entsprechend, die Arterien contrahiren und so den arteriellen Druck steigern (Traube, Ludwig, Thiry, Hering). Figur 44 III zeigt nach C. Ludwig und Einbrodt gleichzeitig verzeichnete Athmungscurve (dicke Linie) und Blutdruckcurve. Man erkennt zwar, dass vom Momente der beginnenden Exspiration (von ex an) mit der Steigerung des Exspirationsdruckes auch die Blutdruckcurve steigt, und dass umgekehrt vom Momente der Inspiration an (in) beide fallen. Allein die Blutdruckcurve steigt schon eher etwas (bei c), ehe die Exspiration selbst begonnen hat, also schon gegen die letzte Zeit der Inspiration. Das ist das Werk der Arteriencontraction, die etwas vorher bereits von dem vasomotorischen Centrum angeregt ist. Diese Wirkung wird noch dadurch unterstützt, dass in dem Inspirationsstadium die Herzentleerungen wegen des vermehrten venösen Zustromes, grösser sind. — Auch bei künstlicher Respiration sieht man die respiratorischen Blutdruckschwankungen; wird diese plötzlich unterbrochen (bei curarisirten Thieren), so steigt in Folge der dyspnöischen Reizung der Medulla oblongata der Blutdruck stark empor.

Je nach der Stärke, mit welcher die Respiration vor sich geht, und nach der hierdurch bewirkten Druckschwankung der Luft im Thorax fallen die respiratorischen Schwankungen sehr ungleich aus. Es ist dies schon daraus ersichtlich, dass beim Menschen bei ruhiger Inspiration in der Luftröhre nur eine Druckverminderung von 1 Mm. Quecksilber beobachtet wird, bei stärkster (und fest geschlossenem Respirationscanal) von 57 Mm. — Umgekehrt zeigt beim Menschen die ruhige Exspiration eine Druckvermehrung in der Luftröhre von 2 bis 3 Mm., die Wirkung starker Bauchpresse jedoch von 87 Mm. Quecksilber.

Die pulsatorischen Blutdruckschwankungen.

g) Durch die Pulsbewegungen erleidet der mittlere arterielle Druck intermittirende Schwankungen, die sogenannten pulsatorischen Druckschwankungen. Die vom Ventrikel systolisch eingeworfene Blutmasse bewirkt mit der positiven Welle natürlich zugleich eine mit dieser conform verlaufende Druckerhöhung im Arteriengebiete. Diese muss nach der Art ihrer Fortpflanzung im Schlagaderrohre und nach der Form ihrer Entwicklung natürlich völlig mit den Pulscurven übereinstimmen.

In den grösseren Arterien des Pferdes fand Volkmann den pulsatorischen Druckzuwachs = $^1/_{16}$, beim Hunde = $^1/_{17}$ des Gesammtdruckes.
Keines der beschriebenen druckregistrirenden Werkzeuge gibt die Form dieser Druckschwankung richtig an (sie zeichnen nur einfache Berge und Thäler), das vermag einzig und allein der Sphygmograph. So ist die sphygmographische Pulscurve zugleich ein getreuer Ausdruck der pulsatorischen Blutdruckschwankungen.

Beim Erlöschen des Blutstromes ist noch einiger Blutdruck vorhanden.

h) Wird die Herzthätigkeit unterbrochen durch anhaltende Vagusreizung (Brunner), oder hohen positiven Respirationsdruck (Einbrodt), so nimmt der Blutdruck in den Arterien enorm ab, in den Venenstämmen jedoch zu, indem das Blut aus den Arterien zum Ausgleich der Druckdifferenz den Venen zuströmt. Dieser Versuch lehrt, dass selbst bei (fast) aufgehobener Druckdifferenz das ruhende Blut noch auf die Gefässwände drückt, d. h. dass wegen Ueberfüllung an Blut selbst in der Ruhe ein geringer Druck auf die Wandungen ausgeübt wird (Brunner).

91. Der Blutdruck in den Capillaren.

Indirecte Messung.

Wegen des winzigen Durchmessers ist eine directe Bestimmung des Druckes innerhalb der Capillaren unausführbar. Legt man ein Glasplättchen von bekannter Grösse auf die gefässhaltige Unterlage und belastet durch aufgesetzte Gewichte so lange, bis die Capillaren erblassen, so findet man annähernd den Druck, der den Blutdruck dieses Capillargebietes gerade überwindet (N. v. Kriess): Für die Capillaren der Hand beträgt dies im Mittel 38 Mm. Hg.

Einflüsse auf den Capillardruck.

Die Spannung des Blutes in den Capillaren eines umschriebenen Bezirkes wächst: 1. Durch Erweiterung der zuführenden kleinen Arterien. Sind letztere nämlich erweitert, so kann sich um so ungeschwächter der Blutdruck aus den grossen Stämmen dorthin fortpflanzen. — 2. Durch Steigerung des Druckes in den zuführenden kleinen Arterien. — 3. Durch Verengerung der aus dem Capillarbezirke abführenden Venen. Der Verschluss der Venen machte den Druck bis zum 4fachen steigern (v. Kries). — 4. Durch Verstärkung des Druckes in letzteren. Eine Abnahme des Blutdruckes in den Capillaren wird durch die entgegengesetzten Zustände veranlasst.

Auch die Veränderung des Durchmessers der Capillaren wird von Einfluss auf den Innendruck sein müssen. In dieser Beziehung ist sowohl die eigene Bewegungsfähigkeit (Protoplasmabewegung) der Capillarzellen (Stricker), als auch Druck, Schwellung, Consistenz der umgebenden Körpergewebe von Bedeutung. — Da gerade im Capillarsystem die Widerstände für den Blutstrom die grössten

sind, so muss das Blut zumal an langen Capillaren am Anfange und am Ende derselben unter verschiedenem Drucke stehen; in der Mitte der Capillarbahn mag der Druck nicht viel unter der Hälfte des in den arteriellen Hauptstämmen herrschenden betragen (Donders). Uebrigens wird der Capillardruck an manchen Körperstellen vielfache Verschiedenheiten darbieten, so wird sowohl in den Capillaren des Darmes und der Glomeruli der Nieren, als auch in denen der unteren Extremitäten bei senkrechter Stellung der Druck grösser sein, als an anderen Regionen, theils wegen der doppelten Widerstände einer zweifachen Capillaranordnung hinter einander, theils aus rein hydrostatischen Gründen.

92. Der Blutdruck in den Venen.

In den grossen Venenstämmen ist der Druck negativ.

In den grossen Venenstämmen (V. anonyma, subclavia, jugularis), nahe dem Herzen, findet sich im Mittel ein negativer Druck von gegen — 0,1 Mm. Quecksilber (H. Jacobson). Hierdurch wird es ermöglicht, dass der Lymphstrom sich hier ungehindert ergiessen kann.

In fortschreitender Entfernung der Stämme vom Herzen (des Schafes) findet eine allmälige Steigerung des Seitendruckes statt: in der V. facialis externa + 3 Mm., in der Brachialis 4,1 Mm., in Aesten derselben 9 Mm., in der Cruralis 11,4 Mm. (Jacobson). —Von Einflüssen auf den Venendruck ergeben sich:

Einflüsse auf den Blutdruck in den Venen.

1. Alle Umstände, welche die den Kreislauf unterhaltende Druckdifferenz zwischen Arteriensystem und Venensystem vermindern, müssen den Venendruck steigern, und umgekehrt.

2. Allgemeine Blutfülle steigert den Venendruck, Blutarmuth vermindert ihn.

3. Von besonderem Einfluss auf die Spannung in den dem Herzen nahegelegenen grossen Stämmen ist die Athmung, indem bei jeder Inspiration das Blut unter Verminderung des Druckes dem Brustkorb zustrebt, bei jeder Exspiration unter Vermehrung desselben sich anstaut. Die Tiefe der Athemzüge vergrössert diese Erscheinung, die ausserdem noch bei verschlossenen Athmungswegen ganz besonders gross sein muss.

4. Ueber die geringe, durch Contraction des rechten Vorhofes in die Hohlvene erfolgende Anstauung des Blutes war bereits bei der Herzbewegung die Rede. — Die respiratorischen sowohl als auch diese kardialen Schwankungen geben sich mitunter in den äusseren Jugularvenen sonst völlig gesunder Menschen zu erkennen. Beim Kaninchen sieht man sie sehr deutlich nach Blosslegung des Zusammentrittes der V. subclavia und der Drosselvenen (siehe Venenpuls).

93. Der Blutdruck der Art. pulmonalis.

Bestimmung durch das Manometer.

1. Directe Bestimmungen desselben sind mit Eröffnung der linken Brusthöhle von C. Ludwig und Beutner (1850) ausgeführt, indem (bei künstlicher Athmung) direct die Manometerröhre mit dem linken Pulmonalisaste in Verbindung gebracht wurde.

Hierdurch wurde bei Katzen und Kaninchen der kleine Kreislauf der linken Lunge vollständig, bei Hunden grösstentheils unterbrochen. Zu dieser Störung kommt noch die hinzu, dass mit Eröffnung des Brustkorbes durch Wegfall des elastischen Zuges der Lungen das Venenblut nicht mehr normal in das rechte Herz einfliesst und dass dazu nun letzteres selbst unter dem vollen Luftdrucke steht (Donders).

Es wurden beim Hunde 29,6, bei der Katze 17,6, beim Kaninchen 12 Mm. Quecksilber gefunden (bei dem Hunde 3mal, beim Kaninchen 4mal, bei der Katze 5mal niedriger, als der Carotisdruck).

Beutner und Marey schätzen das Verhältniss des Pulmonaldruckes zum Aortendruck wie 1 : 3; Goltz und Gaule wie 2 : 5; Fick und Badoud fanden beim Hunde in der Pulmonalis 60 Mm., in der Carotis 111 Mm. Hg.

2. Hering (1850) führte bei einem Kalbe mit Ektopia cordis direct durch die Muskelwände der Ventrikel Glasröhren ein, in welchen das Blut rechts bis 21 Zoll, links bis 33,4 Zoll emporstieg.

3. Faivre (1856) führte durch die Jugularvene in die rechte Kammer einen Katheter, den er mit dem Manometer in Verbindung setzte.

Taxirung des Druckes aus der Dicke der Ventrikelwand und der Pulmonalis.

Indirecte Bestimmungen lassen sich herleiten entweder aus dem Vergleiche der Muskelwandungen des rechten und des linken Ventrikels, oder der Dicke der Wände der Aorta und Pulmonalis, denn es muss vorausgesetzt werden, dass beide in einem bestimmten Verhältnisse stehen zu dem Drucke innerhalb der letzteren. Nach Valentin verhält sich die Muskelmasse der rechten Kammer zu der der linken genau wie 1 : 2; — oder wenn der Widerstand, welcher bei dem gesammten Kreislaufe zu überwinden ist, = 1 genommen wird, so kommen $^2/_3$ auf den grossen und $^1/_3$ auf den kleinen Kreislauf. —

Nach demselben Forscher verhalten sich die Dicken der Wände zweier Schlagadern wie die Quadratwurzeln des Druckes, unter welchem das Blut in ihnen fliesst. So verhält sich nun die Dicke der Pulmonalis zu der der Aorta $= \sqrt{1} : \sqrt{2} = 1 : 1{,}414$.

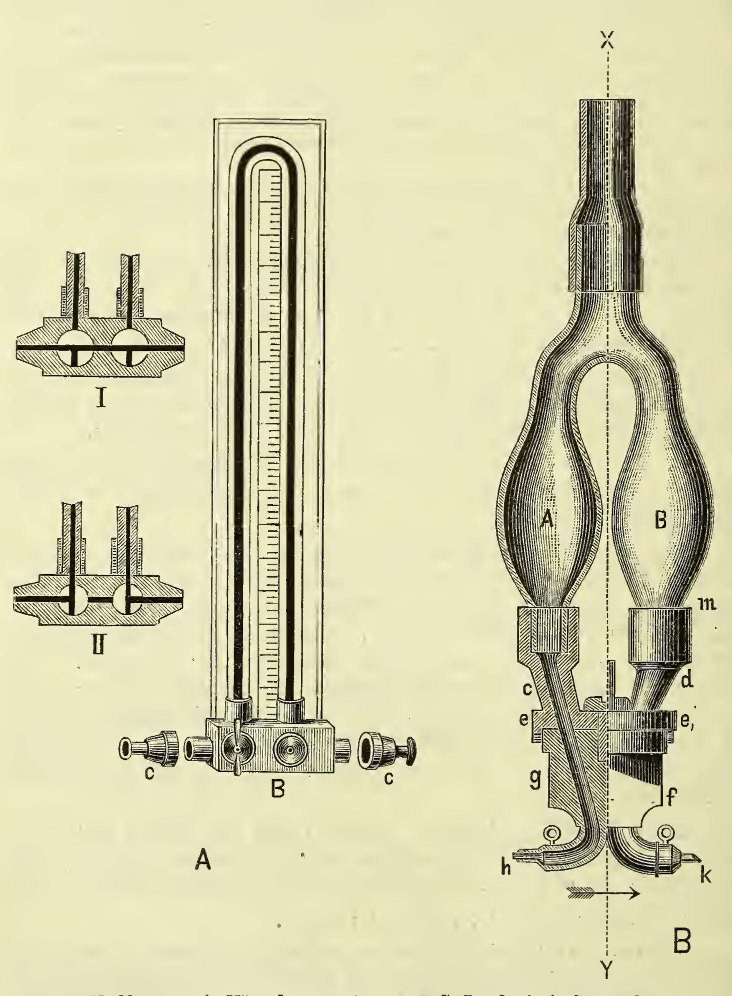
Der verstärkte 2. Pulmonalton als Zeichen höheren Druckes.

Verstärkung des Druckes im Gebiete der Pulmonalis findet beim Menschen unter krankhaften Störungen des Kreislaufes vielfach statt und hat stets den pathologisch so wichtigen verstärkten zweiten Pulmonaliston zur Folge, sowie eine Vergrösserung und ein früheres Auftreten der betreffenden Elevation in der Herzstosscurve. — Von den Einflüssen physiologischer Verhältnisse ist wenig ermittelt. Athmungssuspensionen sollen stets eine Steigerung zur Folge haben (Lichtheim).

94. Messung der Geschwindigkeit des Blutstromes.

Zur Erforschung der Strombewegung des Blutes in den Gefässen dienen die folgenden Werkzeuge.

Fig. 45.



A Volkmann's Hämodromometer; — *B* C. Ludwig's Stromuhr.

Volkmann's Hämodromometer.

1. Volkmann's Hämodromometer (1850). Eine Glasröhre von Haarnadelform (60 oder 130 Cmtr. lang; 2 oder 3 Mm. breit), mit einer Scala ausgerüstet, ist auf einem metallenen Basalstück B so befestigt, dass jeder Schenkel zu einem anderthalbmal

durchbohrten Hahne führt. Das Basalstück ist der Länge nach durchbohrt; es trägt an beiden Enden kurze Canülen c c, welche in die beiden Enden einer durchschnittenen Ader eingebunden werden. Der ganze Apparat ist zuerst mit Wasser gefüllt. Die Hähne (welche sich durch in einander greifende Zähne stets zugleich drehen) stehen zuerst so wie Figur I angibt: es strömt dann das Blut einfach der Länge nach durch das Basalstück (also in directer gerader Richtung, wie die Arterie verläuft). Wird nun im bestimmten Zeitmoment die Hahnstelluug Figur II ausgeführt, so muss das Blut die längere Bahn der Glasröhre durchlaufen. Man sieht, wie es die helle Wasserschicht vor sich hertreibt, und bemerkt sich den Zeitmoment, wo es den Endpunkt des Röhrenschenkels erreicht. Da die Länge der Röhre bekannt, sowie die Zeit der Blutdurchströmung ermittelt ist, so ergibt sich die Stromgeschwindigkeit für die Zeiteinheit und Längeneinheit der Bahn.

Volkmann fand die Geschwindigkeit des Stromes in der Carotis des Hundes = 205—357 Mm.; — in der Carotis des Pferdes = 306; — in der Maxillaris desselben = 232; in der Metatarsea = 56 Mm.

Die Beobachtung dauert nur einige Secunden. Die Röhre ist enger als das Blutgefäss, dennoch soll darin das Blut nicht schneller fliessen, als in dem weiteren unverletzten Gefässe. Die Einschaltung der Röhre bereitet einen neuen Widerstand dem Blutstrome, wodurch eine neue Retardation erzeugt werden muss. Die Unvollkommenheit des Apparates leuchtet daraus ein, dass die grösseren respiratorischen und pulsatorischen Druckschwankungen im arteriellen Systeme keine Geschwindigkeitsschwankungen erkennen lassen.

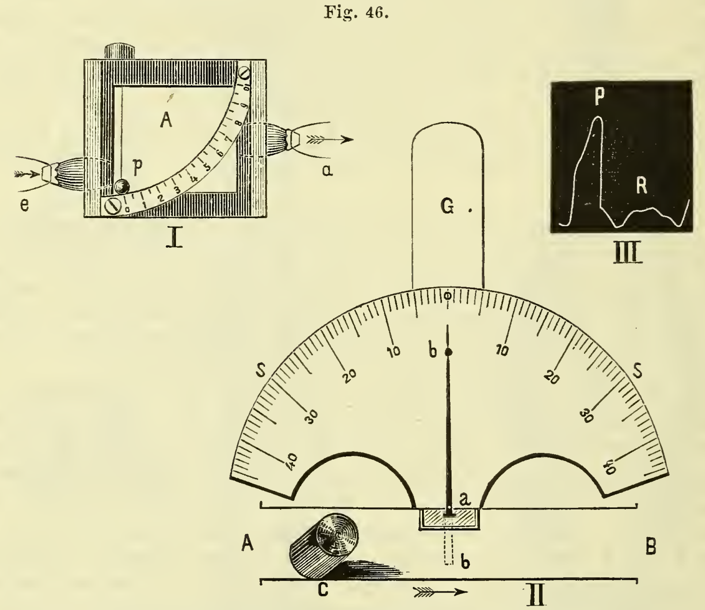
C. Ludwig's Stromuhr.

2. C. Ludwig's Stromuhr (1867) dient zur Ermittelung der Blutmengen, welche in einer Zeit durch die Ader hindurchlaufen. Zwei communicirende, gleich geräumige und genau ausgemessene Glaskugeln A und B sind mit ihren unteren Enden mittels der Röhren c und d in der Metallscheibe e e[1] befestigt. Diese Scheibe ist um die Axe X Y so drehbar, dass nach erfolgter Umdrehung die Röhre c mit f und d mit g communicirt; f und g tragen weiterhin horizontal gerichtete Canülen h und k, welche in die Enden der durchschnittenen Ader eingebunden werden. In der Stellung, wie die Figur es angibt, wird nun h in das centrale, k in das periphere Ende des Gefässes (etwa der Carotis) eingebunden. Die Kugel A ist mit Oel, B mit defibrinirtem Blute angefüllt. In einem angemerkten Zeitmomente lässt man nun dem Blutstrom durch h den Eintritt; — dieses verdrängt das Oel vor sich her, welches nach B übertritt, während das defibrinirte Blut aus B durch k in die periphere Strecke des Gefässes wegströmt. Sobald nun das Oel bei m ankommt, wird — bei angemerkter Zeit — der Kugelapparat A B um seine Axe gedreht, so dass nun B an Stelle von A kommt. So wiederholt sich die Erscheinung, und die Beobachtung kann oft lange fortgesetzt werden. Aus der beobachteten Zeit, welche zur Füllung der einen Kugel durch eingeströmtes Blut nothwendig ist, berechnet sich die auf die Zeiteinheit (Secunde) entfallende Menge. — C. Ludwig und Dogiel haben durch dieses Werkzeug wichtige Aufschlüsse über die Geschwindigkeit des Blutstromes geliefert.

Vierordt's Hämotachometer.

3. Vierordt's Hämotachometer (1858), nach dem Principe des Stromquadranten von Eytelwein construirt, stellt ein Metallkästchen (I A) mit planplanen Glaswänden dar, das an seinen schmalen Seiten zum Ein- und Ausströmen des Blutes 2 Canülen (e, a) besitzt. Im Innern hängt dem eintretenden Blutstrome gegenüber ein Pendelchen (p), dessen an einer Bogenscala abzulesender Ausschlag mit der Schnelligkeit des Stromes wächst. (Es wird vorher, indem man Wasser durchströmen lässt, festgestellt, eine wie grosse Geschwindigkeit der durchströmenden Flüssigkeit jedem einzelnen Grade der Pendelablenkung entspricht.)

Fig. 46.



I Vierordt's Hämotachometer; — *II* Chauveau's Dromograph; — *III* Die dromographische Curve nach Chauveau.

Chauveau's Dromograph.

4. Chauveau's Dromograph (1860) beruht im Grunde auf demselben Principe. Eine hinreichend weite Röhre II A B (welche bei C noch ein Nebenrohr besitzt, welches man mit einem Druckmesser in Verbindung bringen kann) wird in die durchschnittene Ader (Carotis des Pferdes) eingeschaltet. Bei a besitzt dieselbe einen mit einer Gummiplatte verschlossenen Ausschnitt, durch welchen ein leichtes Pendel a b in die Röhre hineinreicht, das sich nach oben in einen dünnen Zeiger b verlängert. Letzterer macht der Stromgeschwindigkeit entsprechend Ausschläge, die an der Scala S S abgelesen werden. (G ist ein Griff zur Fixirung des Instrumentes.) Das Werkzeug wird vorher bei Wasserdurchströmung darauf geprüft, welche Ausschläge den verschiedenen Stromgeschwindigkeiten entsprechen. Da das Zeigerpendel-

chen sehr leicht ist, so gibt es die leisesten Geschwindigkeitsschwankungen an. Lässt man ein berusstes Täfelchen leise an der Spitze des Zeigers (entsprechend der Längsaxe desselben) verlaufen, so kann man die „Geschwindigkeitscurve" (III) aufzeichnen lassen. Der Apparat ist deshalb von Wichtigkeit, weil er uns belehrt über die mit jeder Pulsbewegung einhergehende ganz charakteristische Variation der Geschwindigkeit des Blutstromes. Die dromographische Curve gleicht einer Pulscurve und besitzt namentlich auch wie diese die primäre (P) und die Rückstoss-Elevation (R).

Die dromographische Curve nach Chauveau.

Vergleicht man das, was oben über den Einfluss des Athmungsdruckes auf die Ausdehnung und Zusammenziehung des Herzens und somit auch auf die Fortbewegung des Blutes gesagt ist, so ist ersichtlich, dass auch die Respiration einen befördernden Einfluss auf den Blutstrom haben muss. Auch die künstliche Athmung thut dies: wenn man bei einem curarisirten Thiere die künstliche Athmung suspendirt, so erfolgt eine Verlangsamung des Blutstromes (Kowalewsky und Dogiel). Dauert jedoch die Suspension länger, so wird der Strom wieder beschleunigt durch die nunmehr erfolgende dyspnoetische Reizung des vasomotorischen Centrums (Heidenhain).

Einfluss der Athmung.

95. Die Stromgeschwindigkeit in den Arterien, Capillaren und Venen.

1. Für die Beurtheilung der Ergebnisse der Untersuchungen über die Stromgeschwindigkeit des Blutes ist daran festzuhalten, dass von dem Stamme der Aorta an das arterielle Gebiet durch die Theilung der Aeste sich stetig vergrössert, so dass in der Capillarauflösung sich der Querschnitt des Strombettes bis zum 700fachen und darüber erweitert hat (Vierordt). Von hier aus wird durch Sammlung der venösen Stämme der Querschnitt wieder enger, bleibt aber weiter als der arterielle Anfang.

Einflüsse auf die Stromgeschwindigkeit in den Gefässen.

Ausnahmen machen die iliacae communes, welche zusammen enger sind, als der Stamm der Aorta. Ferner sind die Querschnitte der vier venae pulmonales zusammen enger als der der A. pulmonalis.

2. Durch einen jeden Querschnitt des Kreislaufsystemes, des grossen wie des kleinen, muss sich eine gleichgrosse Blutmenge verschieben. So muss auch durch die Aorta und Pulmonalis trotz des sehr ungleichen Druckes in denselben dieselbe Blutmasse fliessen.

Einfluss des Gesammtquerschnittes der Blutbahn.

3. Die Geschwindigkeit der Strombewegung muss sich also an den einzelnen Querschnitten der Gefässröhren umgekehrt verhalten wie deren Lumen.

4. Es nimmt daher die Stromgeschwindigkeit von der Wurzel der Aorta und Pulmonalis zu den Capillaren hin sehr bedeutend ab, so dass sie in denen der Säuger nur noch 0,8 Mm. in einer Secunde (beim Frosche 0,53 Mm.) beträgt (E. H. Weber), beim Menschen 0,6—0,9 Mm. (Vierordt).

Strom-Geschwindigkeit in den Capillaren.

In den Venenstämmen wird der Strom dagegen wiederum mehr beschleunigt und ist in den grösseren 0,5—0,75mal geringer, als in den zugehörigen Arterien. (In den Venae pulmonales ist die Strömung schneller, als in der A. pulmonalis, da der Durchmesser der letzteren kleiner ist.)

5. Die Geschwindigkeit des Blutstromes hängt nicht ab von der Grösse des mittleren Blutdruckes, sie kann daher in blutarmen Gefässen, wie in blutüberfüllten, sich gleich bleiben (Volkmann, Hering).

6. Dahingegen wird die Stromschnelligkeit in einer Strecke bedingt von dem Unterschiede des Druckes, der im Querschnitte des Anfanges und des Endes dieser Bahnstrecke herrscht; sie wird daher abhängig sein 1. von der vis a tergo (Herzaction) und 2. von der Grösse der an der Peripherie liegenden Widerstände (Erweiterung oder Verengerung der kleineren Gefässe für den arteriellen Strom (C. Ludwig und Dogiel).

Pulsatorische Acceleration.

7. In den Arterien bedingt jeder Pulsschlag eine der Form der Pulscurve entsprechende Acceleration der Strombewegung (wie auch des Blutdruckes) dergestalt also, dass jeder aufsteigenden Bewegung des Schreibhebels des Pulszeichners eine stärkere Beschleunigung, jedem Niedergehen desselben eine geringere Fortbewegung des Stromes entspricht. Diese pulsatorischen Stromgeschwindigkeits - Variationen hat Chauveau durch seinen Dromographen verzeichnen lassen: Figur 46 III zeigt die Schnelligkeitscurve aus der Carotis des Pferdes, die mit der Pulscurve in der Anzeige der primären Elevation P, sowie der Rückstosselevation R übereinstimmt. Gegen die Capillaren hin erlischt diese Erscheinung wie die Pulsbewegung überhaupt. In grossen Gefässstämmen fand Vierordt den pulsatorischen Geschwindigkeitszuwachs = $^1/_4$ bis $^1/_2$ der Geschwindigkeit in der pulslosen Zeit.

Einfluss der Athembewegungen.

In den Arterien muss jede Inspiration die Strombewegung etwas retardiren, jede Exspiration etwas antreiben; doch handelt es sich hier nur um sehr kleine Werthe.

Störungen der Stromgeschwindigkeit in den Venen.

8. In den Venen kommen vielfältige Störungen der gleichmässigen Strombewegungen vor: 1. regelmässige Schwankungen durch Athmung und Herzbewegung an den Ausmündungen der grossen Stämme in's Herz (siehe oben). 2. Unregelmässige Einwirkungen durch Druck, Reibung in der Richtung, oder gegen die Richtung des Stromes, Lageveränderung des Körpers oder der Gliedmassen, pumpenartige Wirkung an der Iliaca durch Gehbewegung etc. Bei der Streckung und Aussenrollung des Oberschenkels füllt sich nämlich die Vena iliaca von unten, um sich bei der entgegengesetzten Bewegung nach oben zu entleeren (Braune).

96. Berechnung des Kammerraumes
aus der Stromgeschwindigkeit nach Vierordt.

Es mag hier die von Vierordt versuchte Berechnung der Ventrikelcapacität eingeschaltet werden, die sich gründet auf die Schnelligkeit des Blutstromes in dem Truncus cleido-caroticus (A. anonyma), in der Aorta dicht hinter dem Abgang dieses Stammes, sowie in den beiden Coronararterien des Herzens.

a) Die Stromgeschwindigkeit in der Carotis dextra beträgt in einer Secunde 26,1 Cmtr.; der Querschnitt derselben = 0,63 □Cmtr. Also ist die Durchflussmenge 26,1 × 0,63 = 16,4 Ccmtr. (1).

b) Die Stromgeschwindigkeit in der Subclavia dextra beträgt in einer Secunde 26,1 Cmtr.; der Querschnitt derselben = 0,99 □Cmtr. Also ist die Durchflussmenge 26,1 × 0,99 = 25,7 Ccmtr. (2). Aus 1 + 2 ergibt sich die Durchflussmenge des Truncus cleido-caroticus = 16,4 + 25,8 = 42,2 Ccmtr. (Der Querschnitt dieses Stammes beträgt 1,44 □Cmtr.)

c) Der Querschnitt der Aorta dicht hinter dem Abgang der A. anonyma = 4,39 □Cmtr., die Stromgeschwindigkeit in derselben wird ungefähr um $^1/_4$ grösser als in der Anonyma taxirt, nämlich = 36,6 Cmtr., die Durchflussmenge ist demnach = 161 Ccmtr. (3).

d) Als Durchflussmenge der beiden Kranzschlagadern mag 4 Ccmtr. (4) angenommen werden. Die gesammte Durchflussmenge des Blutes durch den Querschnitt dieser Gefässe beträgt somit (1 + 2 + 3 + 4) = 207,2 Ccmtr. Da diese Blutmenge der linke Ventrikel in einer Secunde liefern muss, da ferner $1^1/_5$ Systole auf eine Secunde entfallen, so muss die mit jeder Systole in die Aorta geworfene Blutmenge 172 Ccmtr. = 180 Gr. Blut sein; — das ist die Capacität des linken Ventrikels.

97. Die Kreislaufszeit.

Bestimmung der Kreislaufszeit durch Injectionen.

Die Frage: Wie viel Zeit gebraucht das Blut, um einmal die ganze Bahn des Kreislaufes zu durchströmen? ist zuerst von Hering (1825) bei Pferden in der Weise geprüft worden, dass er in eine bestimmte Vene Kaliumeisencyanür in Lösung einspritzte und sah, wann diese (durch Eisenchlorid-Zusatz nachweisbare) Substanz in dem Aderlassblute derselben Vene der anderen Körperseite zuerst auftrat. Vierordt vervollkommnete (1858) die Technik dieser Versuche, indem er unter der angeschlagenen Vene der anderen Körperseite in ganz gleichmässigen Zeitabständen Näpfchen auf rotirender Scheibe vorbeischieben liess. Das erste Auftreten der 2 % Lösung von Kaliumeisencyanür wird erkannt durch Zusatz von Eisenchlorid zu dem aus der Blutprobe sich ausscheidenden Serum durch das Entstehen von Berliner-Blau. Es fand sich nun die Dauer der Kreislaufszeit beim

Pferde	31,5	Secunden	Eichhörnchen (jung)	4,39	Secunden
Hunde	16,7	"	Gans	10,86	"
Kaninchen	7,79	"	Ente	10,64	"
Igel	7,61	"	Bussard	6,73	"
Katze	6,69	"	Huhn	5,17	"

Ergebnisse.

Vergleicht man diese Kreislaufszeiten mit der normalen Pulsfrequenz der betreffenden Thiere, so hat sich das Gesetz ergeben,

1. dass die durchschnittliche Kreislaufszeit durch 27 Herzsystolen vollführt wird. Dies würde,

auf den Menschen bezogen, 23 Secunden für die Kreislaufsdauer ergeben.

2. Im Allgemeinen verhalten sich ferner die mittleren Kreislaufszeiten zweier warmblütigen Thierarten umgekehrt wie deren Pulsfrequenzen.

Einflüsse auf die Kreislaufszeit. Unter den Einflüssen, welche sich auf die Kreislaufszeiten von Einwirkung erweisen, sind zu erwähnen:

1. Längere Gefässbahnen (z. B. von der Vena metatarsea des einen Fusses zu der anderen) erfordern eine grössere Zeit als kürzere Bahnen (wie zwischen den Jugulares); dieses Plus an Zeit kann gegen 10% der Umlaufszeit betragen.

2. Junge Thiere (mit kürzeren Bahnstrecken und grösserer Pulsfrequenz) haben eine kürzere Umlaufszeit, als alte.

3. Schnelle und ergiebige Herzsystolen (wie bei Muskelanstrengungen) verkürzen die Zeit. Dahingegen haben schnelle und zugleich unergiebige Systolen (wie nach bilateraler Vagidurchschneidung) oder langsame aber desto grössere Systolen (wie bei schwach gereiztem Vagus) keinen Einfluss.

4. Des Nachts soll die Umlaufszeit grösser sein, als bei Tage (Vierordt).

Bestimmung der Blutmenge aus der Umlaufszeit. Vierordt hat weiterhin in folgender Weise aus seinen Versuchen die Blutmenge des Menschen zu bestimmen gesucht: Bei allen Warmblütern vollführen 27 Systolen einen Umlauf. Daher muss die gesammte Blutmasse 27mal so gross sein, als die Ventrikelcapacität: also beim Menschen 27mal 187,5 Gr. = 5062,5 Gr. (Diesem Blutquantum würde — zu $^1/_{13}$ des Körpergewichtes angenommen — ein Körpergewicht von 65,8 Kilo entsprechen.)

Bedenken gegen die Methode. Ich mache besonders darauf aufmerksam, dass das Kaliumeisencyanür als neutrales Kalisalz ein entschiedenes Herzgift ist, in schwachen Mengen beschleunigend, in starken Dosen lähmend auf das Herz wirkend. Diese Experimente (an denen zahlreiche Thiere zu Grunde gehen), bringen also an sich bereits Störungen der Circulation hervor. Es sind daher die Versuche mit einem wirklich indifferenten leicht nachweisbaren Körper (vielleicht mikroskopischer Nachweis von Milch oder anderen Partikeln) zu wiederholen. Bei Fröschen, bei denen ich Säugethierblutkörperchen in die seitliche Bauchvene einspritzte und dieselben an der anderen Seite mikroskopisch aufsuchte, fand ich so 7—11 Secunden.

98. Arbeit des Herzens.

Berechnung der Arbeit der Herzkammern. Daniel Bernoulli (1738) und Julius Robert Mayer haben nach physikalischen Principien die Arbeit des Herzens berechnet. Man drückt die geleistete Arbeit eines Motors aus durch Kilogrammmeter, d. h. die Anzahl Kilo, welche derselbe in einer Zeiteinheit einen Meter hoch heben kann (vgl. pag. 6). Der linke Ventrikel befördert mit jeder Systole 0,188 Kilo Blut (Volkmann) und überwindet, um es in die Aorta zu heben, den hier herrschenden Druck entsprechend einer Blutsäule von 3,21 Meter (Donders).

Es ist also seine Arbeit bei jeder Systole 0,188 . 3,21 =

0,604 Kilogrammmeter. Rechnet man nun auf eine Minute 75 Systolen, so ist die Arbeit des linken Ventrikels innerhalb 24 Stunden = (0,604 . 75 . 60 . 24) = 65230 Kilogrammmeter. Die Arbeit des rechten Ventrikels beläuft sich etwa nur auf $^1/_3$ des linken, also auf etwa 21740 Kilogrammmeter. Beide Ventrikel leisten also zusammen 86970 Kilogrammmeter. (Ein Arbeiter schafft bei 8 Arbeitsstunden 320000 Kilogrammmeter, also kaum das Vierfache des Herzens). Da nun die ganze lebendige Arbeit des Herzens durch die Widerstände innerhalb des Kreislaufs verbraucht wird, oder richtiger gesagt, in Wärme umgesetzt wird, so muss aus der geleisteten Arbeit des Herzens dem Körper Wärme erwachsen: (425,5 Grammmeter entsprechen einer Wärmeeinheit, d. h. dieselbe Kraft, die 425,5 Gramm 1 Meter hoch heben kann, vermag 1 Ccmtr. Wasser um 1° C. zu erwärmen.) So kommen dem Körper aus der in Wärme umgesetzten lebendigen Arbeit des Herzens gegen 204000 Wärmeeinheiten zu.

Die Arbeit des Herzens wird in Wärme umgesetzt.

Da 1 Gr. Kohle durch Verbrennung 8080 Wärmeeinheiten liefert, so leistet das arbeitende Herz für den Körper dasselbe, als würden über 25 Gr. Kohle zu seiner Wärmeerzeugung in ihm verbrannt.

99. Blutströmung in den kleinsten Gefässen.

Mikroskopische Beobachtung des Capillarstromes.

Für die Untersuchung der Strombewegung des Blutes innerhalb der kleinsten Gefässe liefert die mikroskopische Beobachtung durchsichtiger Theile lebender Thiere das wichtigste Object, welche seit den Zeiten Malpighi's, der zuerst (1661) den Kreislauf in den Lungengefässen des Frosches betrachtete, fort und fort die Forscher gefesselt hat.

Passende Objecte.

Als Objecte bieten sich dar der Schwanz von Froschlarven und kleinen jungen Fischen, — die Schwimmhaut, die Zunge, sowie das über einen auf dem Objectträger geklebten Wachsstreifen mit Nadeln ausgespannte Mesenterium, oder die Lunge curarisirter Frösche; bei Säugern: die Flughaut der Fledermäuse, die hervorgezogene mit Fäden über ein senkrechtes Glasplättchen ausgebreitete palpebra tertia (Balser), viel weniger günstig das Mesenterium.

Anordnung der Capillaren.

Was zunächst die Gestalt und die Anordnung der Capillaren innerhalb der verschiedenen Gewebe anbelangt, so ist beachtenswerth:

1. Der Durchmesser, der bei den kleinsten den Blutkörperchen nur je einzeln hinter einander den Durchgang gestattet, der jedoch von 5μ—2μ wechseln kann und in den dickeren natürlich mehreren Körperchen neben einander den Lauf ermöglicht.

2. Die Länge, die im Mittel gegen 0,5 Mm. beträgt, jenseits welcher Strecke sie aus arteriellen kleinen Gefässen durch Theilung hervorgehen und in Venen sich sammeln.

3. Die Menge der Capillaren ist sehr wechselnd, am reichlichsten in den Geweben, die den lebhaftesten Stoffwechsel darbieten, wie die Lungen, die Leber, die Muskeln, — spärlich in anderen, wie in der Sclera, an den Nervenstämmen.

4. Besonders hervortretend ist die Bildung der zahlreichen Anastomosen, wodurch dieselben Netze formiren, die in ihrer Gestalt vornehmlich von der Form und dem Gefüge der Grundgewebe bestimmt werden. So finden

sich die Capillaren einfach schlingenförmig in den Papillen der Haut, als polygonale genetzte Maschen in den serösen Membranen und an der Oberfläche vieler Drüsenbläschen, als langgestreckte dicht neben einander verlaufende Röhrchen zwischen den Muskel- und Nervenfasern, wie zwischen den geraden Harncanälchen, in radiärem zu einem Mittelpunkte hinstrebenden Verlaufe in der Leber, in Form arkadenartiger Umbiegungen in dem freien Rande der Iris und in der Hornhautgrenze der Sclera.

Der Poiseuille'sche Raum.

Bei der Betrachtung des Stromes selbst erkennt man nun zuerst, dass sich die rothen Blutkörperchen nur in der Mitte des Gefässes fortbewegen (Axenstrom), während die wandständige durchsichtige Plasmaschicht von ihnen frei bleibt. Letztere, der Poiseuille'sche Raum genannt, ist namentlich an den kleinsten Arterien und Venen zu erkennen, wo der Axenstrom $^3/_5$, die helle Plasmaschicht jederseits $^1/_5$ der ganzen Breite ausmacht, weniger deutlich an den Capillaren. Nach Rud. Wagner soll an den kleinsten Gefässen der Lungen und Kiemen der Poiseuille'sche Raum ganz fehlen. — Die rothen Blutkörperchen verlaufen in den feinsten Capillaren nur einzeln hinter einander, in gröberen Gefässen dicht neben einander, dabei vielfältig sich wendend und drehend. Im Ganzen ist hier die Bewegung gleichmässig strömend, nicht selten jedoch, wie an scharfen Biegungen der Gefässe, theils etwas retardirt, theils wieder accelerirt. Dort, wo der Strom sich theilt, bleibt mitunter ein Blutkörperchen auf der vorspringenden Theilungskante hängen, biegt sich mit seinen Rändern beiderseits in das Gabelrohr hinein und zieht sich sogar etwas in der Mitte verdünnt aus. So kann es oft lange Zeit haften, bis die zufällig einseitig stärker werdende Strömung es befreit, worauf es schnell seine frühere Form wieder annimmt, vermöge der ihm eigenen Elasticität. Selten ziehen sich jedoch beide Hälften des so wie ein Zwergsack gelagerten Körperchens so aus einander, dass nur noch eine dünne fadenförmige Commissur besteht, die sogar mitunter zerreissen soll. Dort wo zwei Gefässe in einander treten, wird die Elasticität der rothen Blutkörperchen oft nochmals erprobt, es entsteht hier nicht selten ein Gedränge, wobei sie nach der einen oder anderen Richtung hin zusammengedrückt werden. Mitunter, meist abwechselnd, staut sich durch eine derartige Anhäufung der Körperchen vorübergehend der Strom in dem einen Gefässzweige, dann ergiessen wiederum für längere Zeit beide Röhren ihren Inhalt in das Sammelrohr, wobei die Körperchen vielfach durch einander gewürfelt werden.

Lauf der rothen Blutkörperchen.

Lauf der weissen Blutkörperchen.

Durchaus abweichend ist die Bewegung der weissen Blutkörperchen, sie rollen direct auf der Bahn der Gefässwand, an ihrer peripheren Zone vom Plasma des Poiseuille'schen Raumes bespült, mit ihrer jemaligen inneren Kugelfläche in den Zug der rothen Körperchen hineinragend. Die Frage, wesshalb allein die weissen Zellen dicht der Wandung entlang verlaufen, ist von Schklarewski (1868) durch den

experimental physikalischen Nachweis gelöst worden, dass überhaupt in Capillaren (z. B. von Glas), die specifisch leichtesten Körperchen, aus künstlichen, körnchenreichen Gemischen durch den „Auftrieb“ an die Wand gedrängt werden, während die specifisch schwereren sich in der Mitte des Stromes halten.

So einmal gegen die Wand gedrängt, müssen sie rollen, theils weil ihre klebrige Oberfläche leicht der Gefässmembran anhaftet, theils weil die nach der Gefässaxe gerichtete Oberfläche hier, wo die intensivste Bewegung herrscht, den wirksamsten Impuls, oft durch direct dagegen getriebene rothe Körperchen, erfährt (Donders). Die rollende Bewegung ist jedoch nicht so sehr gleichmässig, als vielmehr nicht selten ruckweise, wohl wesentlich von einem ungleichmässigen Kleben an der Gefässwand herrührend. Ihrer Klebrigkeit zum Theil verdanken sie überdies ihre (10—12 mal) langsamere Bewegung als der rothen Körperchen, zum Theil aber auch dem Umstande, dass sie als wandläufig mit einem grossen Flächenraum ihrer Körper in den peripheren Flüssigkeitsschichten des cylindrischen Stromes sich befinden, wo die Strombewegung am langsamsten (in der Benetzungsschicht an der Wand selbst sogar = 0) ist. — Es soll noch besonders betont werden, dass man im kreisenden Blute procentisch viel mehr weisse Körperchen antrifft, als in entleertem; da nach dem Austritte aus der Gefässbahn zahlreiche weisse Zellen schnell der Auflösung anheimfallen (vgl. pag. 31).

Was die Schnelligkeit der Strombewegung in den kleinen Gefässen betrifft, so erkennt man, dass in den kleinsten Arterien das Blut am schnellsten fliesst, und zwar mit einer pulsatorischen Acceleration, die in der ersten Phase entschieden schneller einwirkt als in der zweiten Phase ihres Verlaufes. Hierbei werden die Gefässe selbst nicht sichtlich gedehnter. In den Capillargefässen verlangsamt sich der Strom mit zunehmender Theilung (Vergrösserung des Strombettes).

E. H. Weber mass mittels des Mikrometers (1838) bei Froschlarven die Schnelligkeit des Capillarstromes = 0,53 Mm. in einer Secunde.

Nach Volkmann beträgt diese bei Säugern 0,8 Mm., wäre somit 500mal langsamer als in der Aorta. Es ist hieraus zu schliessen, dass der Querschnitt sämmtlicher Capillaren des grossen Kreislaufes 500mal geräumiger ist, als der der Aorta.

Donders fand an den kleinen zuführenden Arterien den Blutstrom noch gegen 10mal schneller, als in den Capillaren. — In den aus den Capillarnetzen sich sammelnden Venenstämmchen ist die Bewegung wieder schneller, jedoch nicht so schnell, als in den entsprechenden Arterien, woraus zu schliessen ist, dass der Querschnitt jener den der Arterien an Grösse übertrifft. In den Capillaren wie in den Venen fehlt der Pulsschlag.

Merkwürdig ist die Beobachtung, dass in den zuerst gebildeten Gefässen des bebrüteten Eies, so wie ganz junger Froschlarven die Blutbewegung vom Herzen aus nur stossweise erfolgt (Spallanzani 1768). Eine solche stossweise Bewegung oft in ein Hin- und Herschwanken der Flüssigkeitssäule übergehend, (Mouvement de va et vient), sieht man auch bei eintretender Stasis. — Auf die Schnelligkeit des Stromes wirkt auch der jeweilige Durchmesser der Gefässe, der periodische Schwankungen zeigt, und zwar nicht allein an den mit Muskeln versehenen Röhren, sondern auch an den Capillaren, an letzteren durch eigene Contractionen ihrer protoplasmatischen Wandzellen. — In den Lungencapillaren strömt das Blut schneller, als in denen des grossen Kreislaufes (Hales 1727), woraus zu schliessen, dass der Gesammtquerschnitt der Lungencapillaren kleiner sein muss, als der aller Körpercapillaren (vom grossen Kreislaufe). — Werden die Hohlvenen, oder die Aorta plötzlich zugedrückt, so strömt, allmählich langsamer werdend, das Blut so lange, bis die Druckdifferenz im ganzen Gefässcirkel sich ausgeglichen hat.

100. Auswanderung der Blutkörperchen aus den Gefässen. — Stasis.

Betrachtet man den Kreislauf in den Mesenterialgefässen, so gelingt es nicht selten, namentlich wenn durch Anwendung von schwachen Reizmitteln auf diese gefässhaltige Haut (wozu schon der Contact der Luft gehört), eine Entzündung sich zu entwickeln beginnt, weisse Blutkörperchen durch die Gefässmembran in mehr oder weniger grosser Zahl auswandern zu sehen. Man sieht sie dann, die vorher in dem plasmatischen Raum auf der Gefässwand ruckweise fortrollten, sich langsamer bewegen, wobei sich ihrer stets mehrere ansammeln, dann sich festsetzen; — bald bohren sie sich in die Wand hinein und gelangen dann schliesslich völlig durch dieselbe hindurch, um noch eine Strecke weit in dem perivaskulären Gewebe fortzuwandern. Es ist zweifelhaft, ob sich die Körperchen durch die etwa vorhandenen interendothelialen Stomata hindurchzwängen, oder ob sie einfach zwischen den Endothelien durch die Kittsubstanz hindurchpassiren. Der Vorgang der Auswanderung ist in seinen Acten bereits Seite 33 geschildert worden. Hering hält das Ueberwandern weisser, ja sogar einiger rother Blutkörperchen aus den kleinen Blutgefässen in die Lymphgefässe für einen normalen Vorgang, den er oft am Mesenterium des Frosches beobachten konnte. Die rothen Blutkörperchen treten aus bei Behinderung des venösen Abflusses. Diese verursacht zunächst Durchtritt von Blutplasma durch die Gefässwandung, mit welchem die rothen Blutkörperchen mit hindurchgezwängt werden, wobei sie im Momente des Durchtretens durch Zerrung ausserordentlich ihre Gestalt verändern, die sie, nachdem sie hindurch getreten sind, wieder annehmen (Cohnheim).

Fig. 47.

Kleines Mesenterialgefäss vom Frosche im Zustande der Auswanderung der Lymphoidzellen: *w w* die Gefässwand. — *a a* der Poiseuille'sche Raum, — *r r* die rothen Blutkörperchen, — *l l* die der Wand entlang laufenden Lymphoidzellen, bei *c c* in verschiedenen Stadien der Auswanderung begriffen. — *f f* ausgewanderte Zellen.

Diese sonderbare Erscheinung der Auswanderung der Blutkörperchen ist vielleicht schon von Döllinger (1821) beobachtet, wenn er bei Betrachtung

des mikroskopischen Kreislaufes sagt: „Es ist nichts weniger als selten, dass man ein einzelnes Kügelchen von einem der zarten Ströme abgehen sieht, ohne Regelmässigkeit, gleichsam als geschehe es von ungefähr; — — es verliert sich in den Thierschleim und klebt, seine scharfe Umgrenzung verlierend, gleichsam aus einander fliessend, mit diesem zusammen." Von Waller ist weiterhin (1846) zweifellos der ganze Vorgang beschrieben worden. Am genauesten hat unter den Neueren zuerst Cohnheim die Erscheinung wieder verfolgt: nach ihm ist die Auswanderung ein Zeichen der Entzündung, und die in grösserer Zahl sich in dem Gewebe anhäufenden weissen Körperchen sind nunmehr als wahre Eiterkörperchen zu betrachten, die sich weiterhin durch Theilung vermehren können.

Stasis.

Wenn auf einen blutgefässhaltigen Theil ein stärkerer Reiz einwirkt, so beobachtet man alsbald eine hyperämische Röthung und Schwellung desselben. Mikroskopische Beobachtungen an durchsichtigen Theilen haben gezeigt, dass sowohl die Capillaren, als auch die kleineren Gefässe ausgeweitet und mit Blutkörperchen stark überfüllt sind; mitunter sah man der Erweiterung eine kurzdauernde Verengerung voraufgehen. Zugleich erkennt man in den Gefässen eine Aenderung der Schnelligkeit des Blutstromes, selten und nur von kurzer Zeit währt eine Beschleunigung, meist zeigt sich der Strom verlangsamt. Bei fortdauerndem Reize wird die Verlangsamung bald so erheblich, dass nur noch stossweise der Strom fortrückt, dann beobachtet man ein Hin- und Herschwanken der Blutsäule (Mouvement de va et vient), ein Zeichen, dass an weiter belegenen Gefässtheilen bereits Stockung eingetreten ist. Endlich kommt der Strom in den vollgepfropften Gefässen völlig zum Stehen (Stasis). Donders weist auf die zahlreicheren weissen Blutkörperchen in dem stagnirenden Blute hin und glaubt mit Recht, dass ein grösseres Hinderniss für die Fortbewegung dieser, den rothen gegenüber, diese Anhäufung bedinge. Während sich diese Processe vollziehen, findet nun das Auswandern der weissen Körperchen statt, seltener auch der rothen. Unter günstigen Verhältnissen kann sich die Stasis wieder lösen, meist unter der umgekehrten Reihe der Erscheinungen, unter denen sie sich entwickelt hat. Das Austreten der Blutkörperchen durch die intacte Wand der Gefässe wird Diapedesis genannt. Die Schwellung entzündeter Theile rührt ausser von der Erweiterung der Gefässe, vorwiegend vom Austritt von Plasma in die Gewebe her.

101. Blutbewegung in den Venen.

Die Unregelmässigkeiten des Venenstromes

Die kleinsten aus dem Gebiete der Capillaren sich sammeln den Venen zeigen einen schnelleren Blutstrom als diese, jedoch einen langsameren, als die kleinsten Arterien. Dabei ist der Strom durchaus gleichmässig, und nach hydrodynamischen Gesetzen müsste der Venenstrom bis zum Herzen hin, wenn nicht andere Störungen einwirkten, als ein durchaus regelmässiger sich forterstrecken. Solche Störungen wirken nun allerdings vielfältig ein.

Als besondere Eigenthümlichkeiten der Venen, aus denen sich die Abweichungen der gleichmässigen Strömung herleiten lässt, sind namhaft zu machen:

erklären sich aus den Eigenschaften der Venenwände.

1. Die relative Schlaffheit, grosse Dehnbarkeit und leichte Zusammendrückbarkeit der Wandungen, sogar der dicksten Stämme; — 2. die unvollständige Füllung, die nicht bis zu einer irgendwie erheblichen elastischen Spannuug der Wandungen sich steigert; — 3. die vielfältigen und zugleich geräumigen Anastomosen unter benachbarten Stämmen, sowohl in gleicher Gewebslage, als auch von

der Oberfläche zur Tiefe eindringend. Hierdurch ist es möglich, dass bei partialer Compression des Venengebietes das Blut noch zahlreiche leicht dehnbare Wege zum Ausweichen offen findet, wodurch also einer wirklichen Stauung des Blutes vorgebeugt wird; — 4. das Vorhandensein zahlreicher Klappen (Theodoretus, 5. Jahrh. n. Chr.), welche sämmtlich dem Blutstrome nur eine centripetale Strömung gestatten (Fabricius ab Aquapendente). Diese fehlen in den kleinsten Venen, sie sind am reichlichsten in den mittelgrossen und bestehen meist aus zwei gegen einander schlagenden Taschenventilen (selten aus einem, noch seltener aus dreien). So wie ein Druck auf die Vene ausgeübt wird, schliessen sich die zunächst unteren und öffnen sich die zunächst oberen Klappen und lassen so dem Blute zum Herzen hin freie Bahn. Der Druck auf die Venen kann verschiedenartig sein: zunächst von Aussen einwirkend durch Gegenstände bei der Berührung gegen die Körperoberfläche gerichtet. Sodann aber drücken die verdickten contrahirten Muskeln auf die Venen, namentlich bei den verschiedenartigsten Bewegungen der Extremitäten. Dass das Blut aus der geöffneten Vene stärker hervorquillt, wenn die Muskeln bewegt werden, sieht man bei jedem Aderlasse. Sind die Muskeln dauernd contrahirt, so sammelt sich das Venenblut, aus den Muskeln entweichend, in den nicht bewegten Gebieten, namentlich auch in den Hautvenen. —

Hydrostatisch sind die Klappen dadurch von hoher Bedeutung, dass sie lange Blutsäulen (etwa bei aufrechter Stellung in der Cruralvene) in Abschnitte zerlegen, so dass die ganze Säule nicht den hydrostatischen Druck bis nach Unten hin wirken lassen kann.

Ueber die Schnelligkeit des Stromes des Venenblutes sind zwar directe Beobachtungen angestellt (mit dem Hämodromometer und der Stromuhr; so fand Volkmann für die Jugularis 225 Mm. in einer Secunde), allein bei dem vorhandenen sehr geringen Drucke muss die Anwendung stromprüfender Werkzeuge bedeutende Abweichungen von der Norm setzen. Reil sah aus einer gleichgrossen Arterienöffnung 2¹/ mal mehr Blut ausfliessen, als aus einer Venenöffnung. Offenbar hängt die Schnelligkeit des Blutstromes in den Venen ab von der Grösse ihres Querschnittes. Borelli taxirte die Capacität des Venensystemes auf 4mal grösser als die der Arterien, nach Haller verhalten sich beide wie 9 : 4.

Von den dünnern Endästen sich sammelnd, wird das Lumen gegen die Hohlvenen hin enger, also muss in gleichem Verhältnisse die Stromgeschwindigkeit zunehmen. Die Schnelligkeit des Stromes in den Hohlvenen mag halb so gross sein, als in der Aorta (Haller). — Da die Lungenvenen enger sind als die Art. pulmonalis, so strömt in ihnen das Blut schneller, als in der Arterie. — Ueber den Einfluss der Athem- und Herzbewegung auf den Strom in den grossen Venenstämmen ist bereits berichtet.

102. Ueber Töne und Geräusche in den Arterien.

Unterschied von Ton und Geräusch.

Die innerhalb der Arterien zur Beobachtung gelangenden Schallerscheinungen sind nach streng physikalischer Bestimmung sämmtlich als „Geräusche“ zu bezeichnen. Nichtsdestoweniger pflegt man im ärztlichen Sprachgebrauche nach dem Vorgange Skoda's diejenigen unter ihnen mit dem Namen „Ton“ zu belegen, welche von kurzer Dauer und mit scharfer Markirung auftreten (den Herztönen vergleichbar), während alle länger dauernden und undeutlich abgegrenzten Schallerscheinungen als „Geräusche“ im engeren Sinne bezeichnet werden. Eine scharfe Grenze zwischen beiden ist daher in vielen Fällen gar nicht möglich.

Spontane und Druck-Phänomene.

Töne und Geräusche werden in den Schlagadern entweder spontan erzeugt, oder sie treten erst nach Ausübung eines äusseren Druckes, durch welchen das Lumen des Gefässes verengt wird, auf. Dem entsprechend unterscheidet man 1. spontane Töne und Geräusche, und 2. Druck-Töne und -Geräusche.

Fortgeleitete Herztöne in der Carotis und Subclavia.

In der Arteria carotis, etwas seltener in der Subclavia, hört man bei etwa $^4/_5$ aller Gesunden zwei deutliche Töne, welche nach Dauer und Höhendifferenz den beiden Herztönen entsprechen und unter normalen Verhältnissen als durch Fortpflanzung des Schalles vom Herzen bis zu der Carotis entstanden erklärt werden müssen (Conrad, Weil). Mitunter ist nur der fortgeleitete zweite Herzton allein vernehmbar, dessen Entstehungsort der Carotis näher belegen ist. Diese Töne können also als eigentliche Arterientöne durchaus nicht bezeichnet werden, sie werden daher auch am besten als „fortgeleitete Herztöne“ aufgeführt.

Druckgeräusche in den Arterien.

Arteriengeräusche entstehen am leichtesten, wenn man auf eine beschränkte Stelle einer stärkeren Arterie, z. B. der A. cruralis in der Inguinalgegend, an der sie ganz gewöhnlich hervorgerufen werden können, einen Druck ausübt, der so in seiner Stärke bemessen sein muss, dass nur noch eine dünne Stelle des Lumens für den Durchlauf des Blutes übrig bleibt („Stenosengeräusche“). Es tritt dann durch die dünne Stelle mit grosser Schnelligkeit und Kraft ein feiner Blutstrahl in die hinter der Compressionsstelle belegene weite Partie der Schlagader. Es entsteht so der „Pressstrahl“ (P. Niemeyer) oder die „veine fluide“ (Chauveau). Die Flüssigkeitstheilchen gerathen so in lebhafte Oscillationen und Wirbelbewegungen und erzeugen hierdurch das Geräusch innerhalb der peripherischen erweiterten Röhrenpartie. Es handelt sich also um ein Druckgeräusch innerhalb der Flüssigkeit erzeugt (Corrigan, Heynsius). Die Annahme, dass die Geräusche von Schwingungen der Gefässwände herrührten (Bouillaud), ist als verlassen zu betrachten.

Erklärung desselben durch den Pressstrahl und die Wirbel.

Das Subclaviculargeräusch.

Als ein Geräusch diesert Art ist das an der Art. subclavia beim Pulse mitunter hörbare „Subclaviculargeräusch“ zu bezeichnen (Röser), welches durch Verwachsungen der beiden Pleurablätter an den Lungenspitzen entsteht (namentlich bei Lungenkranken, Tuberculösen), wodurch die Arteria subclavia durch Zerrung und Knickung eine locale Verengerung erfährt (Friedreich), die sich auch an der Verkleinerung oder am Fehlen der Pulswelle in der Radialis mitunter nachweisen lässt (Weil). Es ist also den Stenosengeräuschen zuzuzählen.

Begünstigende Einflüsse auf die Geräusche.

Begünstigend für die Entstehung der Arterien-Geräusche wirken 1. hinreichende Zartheit und Elasticität der Röhrenwandungen (Th. Weber), — 2. geringer peripherischer Widerstand, also leichter Abfluss der Flüssigkeit am Ende der Strombahn (Kiwisch), —

3. eine beschleunigte Strombewegung in der Röhrenbahn überhaupt, — und 4. eine erhebliche Differenz des Druckes, unter welchem die Flüssigkeit innerhalb des verengten Abschnittes und der peripheren Erweiterung steht (Marey), — 5. stärkeres Caliber der Arterie.

Geräusche in Aneurysmen; Es ist einleuchtend, dass im menschlichen Körper dann Arteriengeräusche entstehen: a) Wenn durch krankhafte Verhältnisse das Arterienrohr an einer Stelle eine Erweiterung besitzt, in welche hinein der Blutstrom von dem normalen engen Rohre aus sich mit Macht ergiesst. Erweiterungen der Art bezeichnet man als Aneurysmen, innerhalb derer Geräusche ganz allgemein beobachtet werden. — b) Ferner werden Druckgeräusche in den Schlagadern überall da entstehen können, wo seitens eines Organes auf eine Schlagader ein Druck ausgeübt wird, z. B. durch den stark vergrösserten Uterus in der Schwangerschaft oder durch einen krankhaft erzeugten Tumor, der irgendwo eine grosse Arterie presst. — c) Wenn man bedenkt, dass die an den Arterien entlang verlaufende Pulswelle eine Erweiterung an der Arterie bedingt, die im Momente des fühlbaren Pulsschlages an der betreffenden Schlagader besteht, während unmittelbar vor der die Erweiterung bedingenden Pulswelle die Arterie um vieles enger sein muss, so wird es einleuchtend sein, dass auch an normalen Schlagadern (ohne pathologische Erweiterung und ohne äusseren Druck) im Momente des Pulsschlages ein Geräusch gehört wird, das natürlich mit dem Pulsschlag isochron und ein intermittirendes sein muss. Besonders deutlich vernehmbar werden diese pulsatorischen Geräusche auftreten, wenn die vorhin namhaft gemachten begünstigenden Momente vorhanden sind. Fast in allen Fällen, in denen spontane Arteriengeräusche gehört werden, lässt sich das Vorhandensein eines oder mehrerer dieser Factoren nachweisen (Weil). Es ist einleuchtend, dass die Geräusche dieser Art am stärksten hervortreten werden, wo zwei oder mehrere grössere Arterien zusammen liegen; daher entsteht das ziemlich laute Geräusch in den zahlreichen erweiterten Arterienstämmen des schwangeren Uterus („Uteringeräusch" oder „Placentargeräusch"), viel weniger deutlich in den beiden Arteriae umbilicales des Nabelstranges („Nabelstranggeräusch"). Hierher gehört auch das an den dünnwandigen Köpfen fast der Hälfte der Säuglinge hörbare „Gehirngeräusch" (Fisher 1833), bei denen oft auch ein herzsystolisches Carotidengeräusch vorkommt (Jurasz). In allen solchen Fällen, in denen kein von aussen einwirkender Druck oder eine ungleichartige (aneurysmatische) Erweiterung an den Schlagadern sich vorfindet, zeigt sich, dass die Erzeugung spontan auftretender Schallerscheinungen ganz besonders dadurch begünstigt wird, wenn im Momente der Arterienruhe (Systole) die Arterienmembranen möglichst wenig gespannt sind und wenn sie nun während der Pulsbewegung (Diastole) eine möglichst schnelle und möglichst hohe Spannung erreichen (Traube, Weil), d. h. wenn das niedrige systolische Spannungsminimum der Arterienwand rasch in das diastolische hohe Spannungsmaximum übergeht. Dies ist ganz besonders bei Insufficienz der Aortenklappen der Fall, bei welcher oft die Arterien ausgebreitet ertönen. — Ist von vornherein auch in der Ruhe das Spannungsminimum der Arterienmembran relativ gross, so treten die Schallerscheinungen in den Schlagadern bis zum Verschwinden zurück.

bei Druck von Aussen.

Das Pulsgeräusch.

Die Auscultation des normalen Pulses. Die unter derartigen begünstigenden Verhältnissen unternommene Auscultation an der Arteria cubitalis (die man am besten bei mageren Individuen mit weiten Arterien vornimmt) zeigt nun, dass einem jeden Pulsschlage zwei Schallerscheinungen entsprechen, die mit der primären und der Rückstosselevation zusammenfallen. Namentlich bei alten Leuten oder bei Individuen mit doppelschlägigem Pulse sind diese beiden Lautäusserungen ziemlich deutlich; das zweite Geräusch ist der geringeren Erweiterung der Arterie durch die Rückstosselevation entsprechend, natürlich schwächer als das erste. Mitunter hört man sogar zwischen den beiden Geräuschen noch ein drittes, welches den

Elasticitätsschwankungen unterhalb des Curvengipfels bis zur Rückstosselevation entspricht. In der Art. radialis und pediaea hört man meist nur ein mit dem Pulsschlage gleichzeitiges Geräusch (O. J. B. Wolff, Landois).

Das „Doppelgeräusch" und der „Doppelton" bei Insufficienz der Aorta.

Bei der Insufficienz der Aortaklappen vernimmt man in der Arteria cruralis charakteristische Schallerscheinungen. Uebt man einen Druck auf dieselbe aus, so erscheint ein doppeltes Blasen (Geräusch), von dem das erste daher rührt, dass synchronisch mit dem Pulse eine grosse Blutmasse peripherisch getrieben wird, — das zweite daher, dass bei der Systole der Arterie eine grosse Blutmasse in den Ventrikel zurückströmt (Duroziez 1861). Wird hingegen kein Druck ausgeübt, so hört man zwei schwächere Töne (Duroziez), welche davon herrühren, dass der Vorhof und der Ventrikel schnell hinter einander je eine Welle in das Arterienrohr hineinwerfen (Landois). (Vgl. 78. Figur 37. III.) — In anderen Fällen rührt der zweite Ton her (bei gleichzeitig vorhandener Insufficienz des Tricuspidalis) von dem plötzlichen klappenden Schliessen der Cruralvenenklappen, welche das Zurückwerfen des venösen Blutes verursacht (Friedreich). — Auch bei rigiden Arterien (Atherom) hört man mitunter einen mit der Pulswelle erfolgenden Doppelton; dieser wird auf den unter diesen Verhältnissen beobachteten Anakrotismus der Pulsbewegung bezogen (Weil). (Vgl. pg. 147. 2.)

Doppelton bei Anakrotie.

103. Schallerscheinungen innerhalb der Venen.

I. Das Nonnengeräusch. Oberhalb der Clavicula in dem Grübchen zwischen den Ursprüngen der beiden Köpfe des Sternocleidomastoideus, und zwar am häufigsten rechts, vernimmt man bei vielen (40%) Menschen entweder ein continuirliches, oder ein der Diastole des Herzens oder auch der Inspiration entsprechendes rhythmisches Geräusch von sausendem oder brausendem, selbst zischendem oder singendem Charakter, welches innerhalb des Bulbus der Vena jugularis interna entsteht, und mit dem Namen des Nonnengeräusches (Nonne = Brummkreisel; — bruit de diable) belegt wird. Soweit dieses Geräusch vernommen wird, ohne dass mit dem Hörrohr ein Druck ausgeübt wird, handelt es sich um eine pathologische Erscheinung. Wird jedoch ein Druck ausgeübt und gleichzeitig der Kopf des zu Untersuchenden nach der entgegengesetzten Seite hin gewendet, so ist ein derartig künstlich erzeugtes Nonnengeräusch fast bei allen Menschen vernehmbar (Weil). Das pathologische Nonnengeräusch findet sich vorwiegend bei Blutarmen, Bleichsüchtigen, Syphilitischen und mit Kropf Behafteten, zumal bei jugendlichen Individuen, während es mit zunehmendem Alter seltener wird. Die Ursache des Nonnengeräusches beruht in dem wirbelnden Einströmen des Blutes aus dem relativ engen Theil der Vena jugularis interna in den darunter liegenden erweiterten Bulbus desselben. Es scheint vornehmlich dann zu entstehen, wenn die Wandungen der dünnen Stelle der Vene ziemlich eng an einander liegen, so dass der Blutstrom sich rieselnd durch dieselbe hindurchzwängen muss. Hierdurch ist verständlich, dass Druck sehr begünstigend auf das Auftreten des Geräusches wirkt, ebenso Seitenwendung des etwas erhobenen Kopfes. Auch mit der Schnelligkeit des so hindurch rieselnden Blutstromes wird die Intensität des Schalles gesteigert werden und so erklärt es sich, dass die Inspiration

und die Diastole des Herzens (beides den venösen Strom befördernde Momente) das Nonnengeräusch verstärken können. Dasselbe gilt von der günstigen Wirkung der aufrechten Körperhaltung. — In seltenen Fällen hörte man ein dem Nonnengeräusche ähnliches Sausen in den Venae subclaviae, thyreoideae (bei Kropf), faciales communes, anonymae, cava superior, crurales.

II. Regurgitirende Geräusche. — Das bei plötzlichem Drängen mitunter gehörte exspiratorische Cruralvenengeräusch rührt her von einem centrifugalen Blutstrom durch die entweder undichten oder fehlenden Klappen in der Vene in der Schenkelbeuge. — Sind die Klappen am Bulbus der Jugularis undicht, so kann es zu einem Rückstromgeräusch kommen und zwar entweder bei der Exspiration (exspiratorisches Jugularklappengeräusch; Hamernjk), oder bei der Systole des Herzens (systolisches Jugularklappengeräusch, v. Bamberger).

III. Klappentöne in den Venen. Bei Undichtigkeit der Tricuspidalis wird mit der Ventrikelsystole eine grosse Blutmenge in die Hohlvenen zurückgeworfen. Hierbei können sich unter Erzeugung eines Tones plötzlich die Venenklappen schliessen. Dies findet sich sowohl am Bulbus der Drosselvene (v. Bamberger), als auch in der Cruralvene in der Schenkelbeuge (Friedreich), natürlich nur so lange, als die Klappen sufficient sind.

104. Der Venenpuls.

Vorkommen bei Gesunden.

Man kann mitunter selbst bei ganz gesunden Individuen innerhalb der Vena jugularis interna eine mit der Herzaction synchronisch verlaufende pulsatorische Bewegung erkennen. Diese erstreckt sich entweder nur auf den unteren Theil der Vene, den sogenannten Bulbus, oder höher hinauf auf den Stamm der Vene selbst. In letzterem Falle müssen die Klappen der Vena jugularis interna oberhalb des Bulbus insufficient sein, was selbst bei Gesunden keineswegs selten ist. Die Wellenbewegung schreitet von unten nach oben fort, sie zeigt sich meist nur bei ruhiger horizontaler Lage, ferner rechterseits häufiger als links, weil die rechte Vene dem Herzen näher liegt, als die linke.

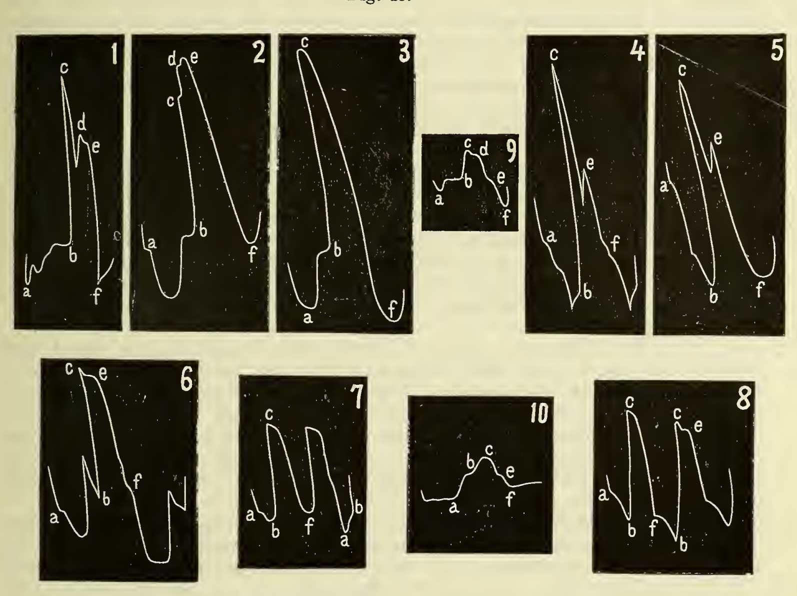
So lange die Füllung der Vene nicht prall ist, ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Venenpulses langsam, mit den Augen verfolgbar, etwa wie in einem mit Wasser gefüllten Darme; er erfolgt dann natürlich stets später als der Puls benachbarter Arterien. Mit der stärkeren Füllung und mit Eintritt elastischer Spannung der Venenwand wird der Puls schneller fortschreitend. Verzeichnet man von den Bewegungen der Venen mittelst nur schwach belasteter Sphygmographen (stärker belastete comprimiren die Venen oder löschen wenigstens die zarten Einzelheiten aus), so erkennt man in gut gelungenen Aufnahmen ganz charakteristische Curvenformen. Der Venenpuls trägt die Einzelheiten der Herzbewegung in sich ausgeprägt, — in hohem Grade (zumal bei den sogleich zu besprechenden pathologischen Zuständen) enthält die Curve alle Einzelheiten der Herzstosscurve und ist daher einer solchen sehr ähnlich (Landois), wie der Vergleich von der Venenpulscurve Figur 48. 1 mit der Herzstosscurve Figur 14. A. (pg. 90) unzweifelhaft ausprägt.

Der Venenpuls gleicht der Herzstosscurve.

Ueberlegt man sich, dass die gefüllte Drosselvene, in welcher das Blut nur unter einem sehr geringen Druck steht, mit dem Vorhof direct communicirt, so ist ersichtlich, dass eine Contraction dieses sich als positive Welle in die Jugularis peripherisch fortpflanzen wird. Figur 9 und 10 sind Venenpulse von Gesunden mit Insufficienz der Jugularvenenklappen, das Stück a b entspricht der Vorhofscontraction. Ich sah es sich mitunter aus 2 Hügelchen zusammensetzen, entsprechend

Vorhofs-Elevation.

Fig. 48.



Verschiedene Formen des Venenpulses, meist nach Friedreich. 1—8 bei Insufficienz der Tricuspidalis. — 9 und 10 Jugularvenenpuls von Gesunden. — In allen Curven bedeutet *a b* Contraction des rechten Vorhofes, — *b c* des rechten Ventrikels, — *d* Aortenklappenschluss, — *e* Pulmonalklappenschluss, *e f* Diastole des rechten Ventrikels.

der Herzohr- und Atriumcontraction. Da das Blut des rechten Vorhofs weiterhin von der plötzlich erfolgenden Spannung der Tricuspidalis eine Erschütterung erfahren muss, so wird auch dieser Klappenschluss (isochron mit der Systole des rechten Ventrikels) eine positive Welle in die Jugularvene hinaufsenden, die sich in 9 und 10 als das Stück b c ausprägt. Endlich kann sogar der prompte Schluss der Klappen der Pulmonalis sich durch das Blut des Ventrikels hindurch bis in den Vorhof und weiter aufwärts in die Jugularis markiren durch Erzeugung einer kleinen positiven Welle (e). Da die Aorta der Pulmonalis unmittelbar anliegt, so wird bei promptem Aortenklappenschluss auch von hier die zarte Welle sich in ähnlicher Weise geltend machen können (9 bei d).

Ventrikel-Elevation.

Pulmonal-klappen-Elevation.

Venenpuls bei Insufficienz der Tricuspidalis. Viel grösser und in allen seinen charakteristischen Theilen um vieles ausgeprägter kann der Venenpuls sein bei der Insufficienz der Tricuspidalis. Hier lehrt die Ueberlegung sofort, dass namentlich jede Contraction der rechten Kammer Blut in die Venen zurückwerfen muss, welches in den Venen eine grosse Welle erzeugen kann. In der Regel pulsirt nun in der That bei Insufficienz der Tricuspidalis die innere Drosselvene sehr stark; — jedoch in den Fällen, in welchen die Klappen am Bulbus der Jugularvene noch dicht halten, setzt sich der Puls nicht in diese Vene selbst fort. Es ist daher der Jugularvenenpuls nicht ein nothwendiges Zeichen der Tricuspidalisinsufficienz, sondern nur der der Jugularvenenklappen (Friedreich). In die klappenlose untere Hohlvene pflanzt sich jedoch der Kammerpulsschlag stets fort und bewirkt hier *Leberpuls.* vornehmlich den sogenannten Leberpuls. Jede Kammercontraction wirft reichlich Blut bis in die Venae hepaticae und hierdurch erhält die Leber eine systolische Schwellung und Injectionsdehnung.

Genauere Interpretation der Venenpuls-Curven. Die Figuren 2—8 zeigen uns Venenpulscurven der Vena jugularis interna (nach Friedreich). Wenngleich die Curven auf den ersten Blick sehr differiren, so stimmen sie doch sämmtlich darin überein, dass sich in ihnen mehr oder weniger deutlich oder vollständig die einzelnen Bewegungsmomente der Herzcontraction ausprägen (Landois). In allen Curven bedeutet a b die Vorhofscontraction: der sich zusammenziehende Vorhof wirft eine positive Welle in die Venen (Gendrin 1843, Marey, Friedreich). Dieser Abschnitt erscheint theils als einfache anakrote Basalerhebung (3), — nicht selten (wie namentlich in 1 der Venenpulscurve von einer Vena thyreoidea) erscheinen hier 2—3 kleine Zacken, die ich, wie an der Herzstosscurve, auf die successiv hinter einander erfolgende Contraction der oberen Hohlvene, des Herzohres und der Vorkammer selbst beziehe. (Vgl. pag. 91.)

Je nach Spannung der Vene, wie auch nach Application und Druck des Pulszeichners kann auch die Vorhofszacke (wie man auch an Herzstosscurven beobachten kann) im absteigenden Theile der vorhergehenden Curve auftreten, wie in 5 und 8, — bald abwechselnd wie in 3 und wie in 8 (siehe 7), — bald endlich liegt ein Theil der Vorhofswelle im absteigenden Aste der vorhergehenden Curve, der Rest im aufsteigenden Theile derselben Curve, wie in 6, 2 und 4. Bei sehr schwacher Action des Vorhofes kann sogar die Vorhofswelle ganz abortiv werden, wie in 7 bei f.

Die Elevationserhebung der Kammer b c ist bedingt durch die in die Vene zurückgeworfene grosse Blutwelle durch die Entleerung der Kammer. Sie ist bei Tricuspidalinsufficienz stets viel grösser, als wenn diese (wie bei 9 und 10) nicht existirt. Denn im letzteren Falle macht nur der prompte Schluss der Tricuspidalis eine kleine Wellenbewegung in den Vorhof hinein. Der Gipfel (c) dieser Welle liegt (je nach der Spannung in der Vene und nach dem Drucke des Sphygmographen) bald höher, bald tiefer. An diesen schliesst sich in der Regel mindestens eine Zacke (4, 5, 6, e), herrührend von dem prompten Schluss der Semilunarklappen der Pulmonalis (nach v. Bamberger herrührend durch das gegen das Ende der Systole erfolgende Zusammenziehen der Papillarmuskeln). Es kann nicht im mindesten befremden, dass dieser Schluss eine Wellenbewegung in dem Ventrikel und weiterhin durch die stets offenstehende Tricuspidalis bis in den Vorhof und in die Venen hinein erzeugt. Die anliegende Aorta kann sogar durch den Schluss ihrer Klappen eine kleine Welle neben e erzeugen (wie in 1 und 2 d). Wird dieser Klappenschluss schwächer bei verminderter Spannung in den grossen Arterien, so schwindet zuerst die Aortenklappenwelle d (wie in 4 und 5), dann auch selbst die Pulmonalklappenerhebung e (wie in 3 und 7). — Von dem Klappenschluss an sinkt die Curve, der Diastole des Ventrikels entsprechend, hinab (bis f). In sehr wenig ausgeprägten Formen des Venenpulses kann die Curve, zumal bei starker Bedeckung der Vene, da alle feineren Einzelheiten verwischt sind, als einfacher Berg und Thal erscheinen.

Venenpuls bei starker Füllung des rechten Atriums. Besonders deutlicher Venenpuls kann auch bei sehr grosser Füllung des rechten Vorhofes (bei Insufficienz oder Stenose der Mitralis) erfolgen. In seltenen Fällen pulsiren neben der Vena jugularis interna noch die externa, einzelne Gesichtsvenen, die Jugularis anterior, thyreoideae, thoracicae externae,

die der oberen und unteren Extremitäten. Ich sah einmal bei einer moribunden Frau (ohne Herzfehler), bei welcher die Section ein mächtiges, weisses Fibringerinnsel, welches von der rechten Kammer in die Vorkammer hineinragte (ohne das venöse Ostium zu versperren) und den Tricuspidalschluss unmöglich machte, umfangreiche Venenpulsationen, so dass sogar die Hautvenen auf der vorderen Thoraxfläche stark pulsirten.

Es ist klar, dass analoge Pulsationen, wie sie die Venen des grossen Kreislaufes bei Insufficienz der Tricuspidalis zeigen, auch auftreten müssen in den Lungenvenen bei Insufficienz der Mitralis. Allein hier sind sie direct nicht sichtbar; vielleicht gelingt ihr Nachweis durch Beobachtung der kardiopneumatischen Bewegung. (Vgl. 65. pag. 111.)

Puls der Hand- und Fussvenen.

In seltenen Fällen sieht man die Venen des Hand- und Fussrückens dadurch pulsiren, dass sich der Arterienpuls durch die Capillaren hindurch bis in die Venen fortpflanzt. Es kann dies sogar unter normalen Verhältnissen vorkommen, namentlich wenn die peripheren Enden der Arterien erweitert und erschlafft sind (Quincke), oder wenn der Druck in denselben stark ansteigt und schnell wieder abfällt, wie bei Insufficienz der Aortaklappen.

Vergleich des Venenpulses bei Tricuspidalinsufficienz mit dem Arterienpuls bei Aortainsufficienz.

Es ist besonders interessant an dieser Stelle die Erscheinungen des Venenpulses bei Insufficienz der Tricuspidalis zu vergleichen mit dem Arterienpulse bei Insufficienz der Aortenklappen. Im ersteren Falle ist eine freie Communication der Venenbahnen durch den Vorhof hindurch bis in den rechten Ventrikel, bei der Systole des letzteren sogar bis in die Pulmonalis. Daher wird sich Vorhofs-, Ventrikelcontraction und Klappenschluss der Pulmonalis in das Venengebiet hinein frei übertragen.

Bei der Insufficienz der Aortaklappen bilden die gesammten Arterien, der linke Ventrikel und bei der Systole des linken Atriums sogar der linke Vorhof mit den Lungenvenen eine grosse ununterbrochene Bahn. Man wird also auch hier Vorhofs-, Ventrikelcontraction und Bewegung der Aortenklappenrudimente in der Pulscurve erkennen müssen. Also in beiden Bahnen das Bild der Herzaction. Allein es herrscht ein wichtiger Unterschied. Die eigene Wellenbewegung in den Arterien erzeugt Rückstosselevation und Elasticitätsschwankungen, die sich den von der Herzbewegung herrührenden Einzelheiten der Bewegung beigesellen, ja dieselben sogar beeinträchtigen und überbieten. In den Venen kann es aber schon wegen der Unterbrechung der Bahn durch die Klappen, dann auch wegen der nicht hinreichenden elastischen Spannung und geringen Energie des rechten Ventrikels nicht zu selbstständigen kräftigen Wellensystemen im Venengebiete kommen, weshalb sich hier das Bild der Herzbewegung allein unbeeinträchtigt ausprägt.

105. Blutvertheilung.

Untersuchungsmethoden.

Wichtig für die Erkenntniss der Thätigkeit der Organe ist die Bestimmung der Blutvertheilung innerhalb derselben. Die Methoden zur Bestimmung des Blutgehaltes einzelner Organe und Glieder sind leider noch als ungenügend zu bezeichnen: 1. Man bestimmt entweder den Blutgehalt der Theile nach dem Tode an durchfrorenen Thieren (Welcker; ungenau, da nach dem Tode namentlich durch Erregung des vasomotorischen Centrums, durch das ungleichzeitige Absterben und Erkalten der Blutgehalt der Theile durchgreifende Veränderung erfährt); — oder 2. man schnürt intra vitam die Theile gewaltsam ab, trennt dieselben sofort los und untersucht den Blutgehalt der noch warmen Gewebe (J. Ranke; leider für sehr viele innere Organe unausführbar).

J. Ranke bestimmte so am lebenden ruhenden Kaninchen die Vertheilung des Blutes; es fand sich von der gesammten Blutmasse je $^1/_4$: a) in den ruhenden Muskeln; — b) in der Leber; — c) in den Kreislaufsorganen (Herz und grosse Aderstämme); — d) in allen übrigen Organen zusammen.

13*

Einflüsse auf den Blutgehalt.

Von Einfluss auf den Blutgehalt ist: 1. Die anatomische Vertheilung (Reichhaltigkeit oder Armuth) an Gefässen überhaupt; — 2. ganz besonders die Weite der Gefässe, welche von physiologischen Ursachen abhängt: a) vom Blutdruck in demselben; b) von dem Erregungszustande der die Gefässe verengenden oder erweiternden Nerven; c) von Zuständen der Gewebe, in denen sich die Gefässe verbreiten, z. B. Darmgefässe während der Resorption der Nahrungssäfte; — Muskelgefässe während der Contraction der Muskeln; — (Gefässe in entzündeten Theilen).

Blutgehalt bei der Thätigkeit der Organe.

Den hervorragendsten Einfluss auf den Blutgehalt der Organe hat die Thätigkeit derselben; hier gilt vor Allem der alte Satz „ubi irritatio, ibi affluxus“ (Röthung der Magenschleimhaut bei der Verdauung, — der Netzhaut bei angestrengtem Sehen; — Erection). Da nun aber im normalen Zustande des Körpers die einzelnen Organe vielfältig in ihrer Thätigkeit abwechseln, so wird man im Laufe des Tages bald dieses bald jenes Organ im Zustande höheren Blutreichthumes antreffen. Es geht der Blutfüllungswechsel mit dem Thätigkeitswechsel der Organe stets Hand in Hand (J. Ranke). So sieht man denn auch während einer besonders gesteigerten Thätigkeit des einen blutreichen Organes vielfach die anderen ruhen: Bei der Verdauung herrscht Muskelmüdigkeit und geistige Abspannung; — bei starker Muskelaction verzögert sich die Verdauung; — bei starker Absonderung der gerötheten Haut ruht die Thätigkeit der Nieren. — Manche Organe (Herz, Athemmuskeln, gewisse Nervencentra) scheinen stets in gleichmässiger Weise thätig und blutreich zu sein.

Während der Thätigkeit der Organe kann der Blutgehalt bis zu 30% — ja sogar 47% zunehmen. Die Bewegungsorgane jüngerer und kräftigerer Individuen sind ebenso verhältnissmässig blutreicher, als die alter und muskelschwacher (J. Ranke).

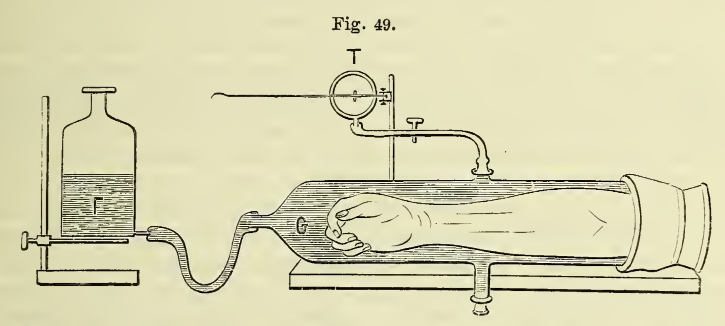
In diesem Zustande der grösseren Thätigkeit pflegt die vermehrte Blutmenge auch zugleich einer schnelleren Erneuerung zu unterliegen (nach Muskelanstrengung z. B. verkürzt sich die Kreislaufsdauer, Vierordt), worauf die verschiedenartigsten Einflüsse, welche die Blutströmung beherrschen, wirksam sein können.

106. Plethysmographie.

Zur Bestimmung und Registrirung des Blutgehaltes und seiner Schwankung in einer Extremität dient der Plethysmograph (Mosso), ein dem von Chelius (1850) angegebenen Kastenpulsmesser nachgebildetes und vervollkommnetes Werkzeug (Figur 49). Letzteres besteht aus einem länglichen Behälter (G), bestimmt, eine ganze Extremität aufzunehmen. Die Oeffnung um die eingebrachte Extremität ist mit Gummi gedichtet, der Innenraum des Gefässes ist mit Wasser gefüllt. Seitlich in der Kastenwandung befindet sich ein communicirendes Manometerröhrchen, bis zu einem gewissen Stande gleichfalls mit Wasser gefüllt. Da mit jedem Pulsschlag die Extremität durch das

verstärkte Zuströmen des arteriellen Blutstromes anschwillt, so wird das Wasser in dem Manometerrohre die Grösse dieser positiven Blutschwankung anzeigen. Fick setzte auf die Oberfläche der Flüssigkeit in dem Manometer einen Schwimmer, der die Volumsschwankungen auf die rotirende Kymographiumtrommel übertrug: Die Curven waren den Pulscurven sehr ähnlich, zeigten sogar Dikrotie, wie diese. Das in der Abbildung gegebene Werkzeug Mosso's bewirkt die Uebertragung der Bewegung auf den Schreibhebel (analog dem Brondgeest'schen Pansphygmographen, Figur 30), nach dem Princip der compressibelen Ampullen. Ein Rohr führt zu der mit elastischer Membran überspannten Trommel T, mit welcher der (horizontal schreibende) Schreibhebel in Verbindung steht.

Fig. 49.



Mosso's Plethysmograph oder Hydrosphygmograph: *G* das die Extremität aufnehmende Cylindergefäss; — *F* communicirende Flasche durch Höherstellen zur Erhöhung des Wasserdruckes verwendbar. — *T* der Schreibapparat.

Die Schwankungen, welche der Plethysmograph verzeichnet, lassen Folgendes erkennen:

1. Die pulsatorischen Volumsschwankungen, die in ihrem Verlaufe natürlich dem Pulscurvenbilde gleichen müssen. Da der venöse Strom in der ruhenden Extremität als gleichmässig zu betrachten ist, so wird jedes Steigen der Volumscurve eine grössere Geschwindigkeit des arteriellen Stromes nach der Peripherie hin bedeuten und umgekehrt (Fick). — 2. Die respiratorischen Schwankungen, da jede stärkere Einathmung den Venenstrom beschleunigt, den arteriellen Druck schwächt, und umgekehrt. Lebhafte Athmung und Athmungsstillstand bewirken Volumabnahme. Ferner beobachtet man die Anschwellung des Gliedes durch Pressen (v. Basch) und Husten, das Abschwellen beim Schluchzen. — 3. Gewisse periodische Schwankungen von den periodisch regulatorischen Bewegungen der Gefässe (namentlich der kleineren Arterien) herrührend. — 4. Verschiedenartige Schwankungen aus zufällig wirkenden Ursachen erfolgend, die Aenderungen des Blutdruckes bewirken: hydrostatisch wirkende Lageveränderungen. — 5. Bewegung der Muskulatur der eingebrachten Extremität bewirkt Volumsabnahme, da der Venenstrom beschleunigt ist, dazu die Muskulatur selbst etwas im Volumen sich verkleinert,

— wenn auch die intramuskulären kleineren Gefässe erweitert werden. — 6. Geistige Anstrengung vermindert das Volumen der Extremität (Mosso). — 7. Compression der zuführenden Arterie hat Abnahme, — Venenverengerung natürlich Zunahme des Volums zur Folge.

107. Transfusion des Blutes.

Die Transfusion ist die Uebertragung fremden Blutes in das Gefässsystem eines Anderen.

Historisches. Die ersten Andeutungen über den directen Blutaustausch zwischen zwei Individuen von Gefäss zu Gefäss leiten bis zur Zeit vor Cardanus 1556.

Im Anschluss an die Entdeckung des Blutkreislaufes wurde in England im Jahre 1638 zuerst von Potter der Gedanke an die Transfusion des Blutes angeregt. Zahlreiche Versuche an Thieren wurden angestellt; namentlich an verbluteten suchte man durch Ueberleitung frischen Blutes das Leben wieder zu erwecken. Der Physiker Boyle, sowie der Anatom Lower waren bei diesen Versuchen besonders thätig. Man verwendete theils das Blut derselben Species, theilweise auch das Blut anderer Arten. Die erste Transfusion am Menschen wurde von Jean Denis in Paris 1667 zur Ausführung gebracht, wobei Lammblut zur Verwendung kam. Gegenwärtig wird nur das Blut derselben Species, also beim Menschen nur Menschenblut, zur Anwendung gezogen.

Bedeutung der rothen Blutkörperchen. Die rothen Blutkörperchen sind als die wichtigsten Bestandtheile zu betrachten, durch welche die wiederbelebende Kraft dem Blute zukommt. Sie scheinen ihre vollkommenen Functionen beizubehalten, auch nachdem das Blut ausserhalb des Körpers durch Schlagen defibrinirt ist (Prevost und Dumas 1821). Wie sie sich bei längerem Aufbewahren und höheren Temperaturgraden gegenüber verhalten, ist 9, pag. 21 A beschrieben.

Gasgehalt. Was den Gasgehalt der Blutkörperchen anbetrifft, so ist festzuhalten, dass das sauerstoffhaltige (arterielle) Blut unter keinen Umständen schädlich wirkt. Das venöse, mit Kohlensäure reich überladene, Blut jedoch kann nur dann ohne Schaden den Adern eines Thieres einverleibt werden, wenn die Athmung hinreichend ist, das eingebrachte Blut bei seinem Durchtritt durch die Lungencapillaren zu decarbonisiren. In diesem Falle wird durch den Athmungsprocess das kohlensäurehaltige Blut in arterielles umgewandelt. Stockt jedoch die Athmung oder wird sie nicht mit hinreichender Ergiebigkeit ausgeführt, alsdann wird das Blut noch reich an Kohlsensäure dem linken Herzen und weiter durch die Kopfschlagadern der medulla oblongata zugeführt und wird hier durch heftige Reizung des Athmungscentrums starke Dyspnoe, weiterhin Convulsionen und den Tod hervorrufen.

Faserstoff. Der Faserstoff, oder die denselben bildenden Substanzen (fibrinogene, fibrinoplastische, Ferment-Substanz) spielen für die wiederbelebende Eigenschaft des Blutes keine Rolle; daher auch das defibrinirte Blut mit gleichem Erfolge wie auch das nichtdefibrinirte alle Functionen innerhalb des Körpers übernimmt (Panum).

Blutmenge. Die Untersuchungen, namentlich von Worm Müller haben gezeigt, dass das Gefässsystem eines Thieres durch Einspritzung von Blut bis zu 83% einen Ueberschuss fremden Blutes in sich aufzunehmen vermag, ohne dass schädliche Folgezustände hieraus erwachsen.

Es folgt daraus, dass dem Gefässsystem eine bis zu einem gewissen Grade reichende Accommodirungsfähigkeit für grössere Blutmengen eigen ist, ähnlich wie schon längst eine derartige Anpassung für geringere Blutmengen, etwa nach stärkeren Blutverlusten, bekannt ist. (Vgl. pg. 71.)

Anwendung bei acuter Anämie,

Die Transfusion des Blutes wird zur Ausführung gebracht 1. bei der acuten Anämie (vgl. pg. 73, 48, 1), namentlich nach starken Blutverlusten. Hier gilt es, das verloren gegangene, die Lebensfunctionen unterhaltende Blut durch neues, in die Gefässbahnen eingelassenes Blut derselben Species direct zu ersetzen.

bei Vergiftungen,

2. Bei Vergiftungen, bei denen die Blutmasse durch Beimengung einer giftigen Substanz verdorben und zur Aufrechterhaltung der Lebensfunctionen somit untauglich geworden ist, kann in passenden Fällen durch einen ausgiebigen Aderlass eine grosse Menge dieses verdorbenen Blutes abgelassen und frisches, normales Blut an Stelle des entleerten in die Gefässe eingebracht werden. Vergiftungen dieser Art sind namentlich die mit Kohlenoxydgas (Kühne), dessen Eigenschaften und Wirkungen auf den Körper 21 und 22, pg. 40, nachzusehen sind. Auch die Vermengung anderer Gifte, wie des Aethers, Chloroforms, Chloralhydrats, Opiums, Morphiums, Strychnins, Schlangengifts, können in gleicher Weise zu einer Ersetzung der vergifteten Blutmasse durch normales Blut die Indication abgeben (Eulenburg und Landois.)

bei autochthonen Intoxicationen.

Unter gewissen krankhaften Umständen können im Körper des Menschen sich fehlerhafte, das Leben bedrohende Blutmischungen entwickeln, die sowohl die Formbestandtheile, als auch die Mischungsbestandtheile des Blutes betreffen. Zu den krankhaften, in hohem Grade lebensgefährlich wirkenden abnormen Veränderungen der Blutmischung gehören die Vergiftung mit Harnstoff (Urämie), mit Gallenbestandtheilen (Cholämie) und durch Kohlensäure. Alle drei Zustände führen, wenn sie hochgradig sind, den Tod herbei. Man kann daher in verzweifelten Fällen der Art die verderbte Blutmasse theilweise durch normales Blut eines anderen Menschen ersetzen (Landois).

Unter den fehlerhaften, auf die Formbestandtheile des Blutes bezüglichen Mischungsverhältnissen liefern die Hydrämie (übermässiger Wasserreichthum des Blutes) und die Acytämie (abnorme Verminderung der rothen Blutkörperchen) in besonders hochgradigen, gefahrdrohenden Formen, die perniciöse Anämie, kaum wohl aber die Leukämie Objecte für den Ersatz des verderbten Blutes durch normales, gutes. (Vgl. pg. 34 u. 73.)

Nach der Einspritzung normalen Blutes in die Adern des Menschen beobachtet man in der Regel nach $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde eine, je nach dem Umfange der Transfusion weniger heftig oder stärker auftretende Fieberreaction. (Vgl. Fieber.)

Das operative Verfahren bei der Transfusion ist verschieden, je nachdem defibrinirtes oder nicht defibrinirtes Blut zur Anwendung kommt. Zur Defibrination wird das von einem gesunden Menschen durch einen gewöhnlichen Aderlass entleerte Blut in einem offenen Gefässe aufgefangen und so lange mittelst eines Stäbchens geschlagen, bis der Faserstoff als ein Convolut weisslicher Fäden vollständig aus dem Blute entfernt ist. Hierauf wird das Blut sorgfältig durch ein Atlasfilter durchgeseiht, in dem Gefässe bis auf Blut-

temperatur erwärmt (durch Einsetzen in warmes Wasser) und nun mittelst einer Spritze in die geöffnete Ader des zu Operirenden übergeführt. Man kann als blutaufnehmendes Gefäss entweder eine Vene wählen (wie die v. basilica in der Ellenbeuge, die v. saphena magna vor dem innern Knöchel): in diesen Fällen erfolgt das Einspritzen in der Richtung zum Herzen hin; oder die Einspritzung erfolgt in eine Arterie (arteria radialis oder a. tibialis postica) und zwar entweder gegen die Peripherie (Hüter) oder gegen das Herz (Landois) hin. Unter allen Umständen ist darauf zu achten, dass keine Luft zugleich mit dem Blute in die Gefässräume übertritt; namentlich ist hierauf bei der Einspritzung in die Venen zu achten, da der Lufteintritt in die Venen sogar den Tod hervorrufen kann. Letzterer erfolgt dann, wenn die in das rechte Herz gelangenden Luftmassen durch die Herzbewegung Schaum bilden, welcher, in die Verzweigungen der Pulmonalarterie eingepumpt, den Blutlauf durch die Lungen zum Stocken bringt, so dass mit grosser Schnelligkeit der Tod durch Erstickung erfolgen kann.

Soll nicht defibrinirtes Blut von einem Menschen auf den andern übertragen werden, so kann man direct die geöffnete Ader des Blutspenders mittelst beweglicher Schläuche oder Röhren mit den Gefässen des Blutempfängers in Verbindung setzen, so dass ein directes Ueberfliessen erfolgt. Man kann auch das beim Aderlass entleerte Blut schnell mittelst einer Spritze undefibrinirt übertragen. Allein dieses Verfahren bringt die grosse Gefahr mit sich, dass schon während der Operation Gerinnung in dem Blute eintritt, in Folge deren leicht Blutgerinnsel in den Kreislauf des Empfängers übertragen werden können. Durch die hierdurch erfolgende Verstopfung, noch mehr aber durch die mögliche Fortschwemmung dieser Gerinnungsmassen bis in das Herz und den kleinen Kreislauf, kann selbst das Leben bedroht werden.

Schädlichkeit heterogenen Blutes.

Beim Menschen ist die Einspritzung von Thierblut unter allen Umständen zu verwerfen. In der neuern Zeit sind freilich von vielen Aerzten directe Blutüberleitungen aus der Carotis eines Lammes in eine Armvene eines Menschen zu Heilzwecken vorgenommen worden. Es ist jedoch daran festzuhalten, dass die Blutkörperchen des Schafes sich schnell im Blute des Menschen auflösen. Hierdurch wird also die Wirkung des für die Transfusion wirksamsten Blutbestandtheiles unfehlbar vernichtet (Landois).

Auflösung der fremden Blutkörperchen.

Ganz im allgemeinen zeigt sich, dass die Blutflüssigkeit vieler Säugethiere die Blutzellen anderer Säugethierarten schnell auflöst (pg. 25, 11, 4). So löst das Serum des Hundeblutes sehr schnell und intensiv, das des Pferdes und Kaninchens nur relativ langsam. Die Blutkörperchen der Säugethiere besitzen eine sehr verschieden grosse Widerstandsfähigkeit der Blutflüssigkeit anderer Säuger gegenüber. So werden die rothen Blutkörperchen des Kaninchens mit anderartigem Blute vermengt äusserst leicht aufgelöst, während sich die Zellen der Katze und des Hundes bedeutend widerstandsfähiger erweisen. Die Auflösung der Blutkörperchen erfolgt gleichgiltig, ob das Blut defibrinirt oder nicht defibrinirt war. Der Zerfall der Blutkörperchen innerhalb eines fremden Blutes tritt um so schneller ein, je schneller die Blutzellen des fremden Blutes sich in der Blutflüssigkeit des Empfängers lösen. So zerfällt z. B. Kaninchenblut und Lammblut im Hundekreislauf schon in wenigen Minuten. Sind die Blutkörperchen der vermischten Sorten durch Grösse verschieden, so kann man an kleinen, durch Nadelstiche entleerten Blutproben die Auflösung der Blutkörperchen leicht verfolgen. Mit der stattfindenden Auflösung der Blutkörperchen wird das Blutplasma von dem freigewordenen Hämoglobin geröthet. Ein Theil dieses aufgelösten Materials kann im Körper des Empfängers dem Stoffwechsel anheimfallen und zur Umbildung und Anbildung verwerthet werden. Ist jedoch die Menge des aus den zerfallenen Blutkörperchen hervorgegangenen Hämoglobins irgendwie erheblicher, so erfolgen Ausscheidungen von Hämoglobin in den Harn, weniger reichlich in den Darm, die Bronchialverzweigungen und in die serösen Höhlen (Panum). Letzteres kann im weiteren Verlauf theilweise wieder zur Resorption kommen. So hat man auch beim Menschen blutigen Harn nach Einspritzung von über 100 Gramm Lammblut beobachten können. Wird einem Thiere fremdartiges Blut transfundirt, so können auch zum Theil die eigenen Blutzellen zum Zerfalle kommen. Das ist der Fall, wenn die Blutzellen des Empfängers leicht löslich sind in der Blutflüssigkeit des übergeleiteten Blutes.

Hämoglobin-Ausscheidung.

Hierauf beruht die grosse Gefahr fast aller etwas umfangreichen Transfusionen mit fremdem Blute bei Kaninchen, dessen rothe Blutkörperchen so sehr leicht sich auflösen. So würde es auch etwa bei Transfusion von Hundeblut in die Adern des Menschen der Fall sein. Bei Thieren mit leicht auflöslichen Blutkörperchen, z. B. dem Kaninchen, bewirkt daher auch die Einspritzung vieler Serumarten, z. B. des Hundes, Menschen, Schweines, Schafes, Katze höchst bedrohliche Symptome je nach der eingeführten Menge: Vermehrung der Respirationsfrequenz oft in ganz bedeutender Weise, Athemnoth, Convulsionen, selbst Tod durch Asphyxie. Dabei kann man in den durch Nadelstiche entnommenen Bluttröpfchen fast alle Stadien der Blutauflösung antreffen. Thiere mit resistenten Blutzellen, z. B. der Hund, ertragen Einspritzungen anderer Serumarten: vom Hammel, Rind, Pferd, Schwein, ohne diese Erscheinungen. Das eingespritzte fremde, wenig wirksame Serum wird im Kreislauf des Empfängers eher verarbeitet, als es die Blutzellen angreifen oder sogar auflösen könnte (Landois). (Ueber Einspritzung homogenen Serums vgl. pg. 72, 2.)

Gefahr der Bildung von verklebten Blut-körperchen-haufen.

Bei dem Vorgange der Auflösung der Blutkörperchen treten noch zwei wichtige Erscheinungen hervor, wodurch die Transfusion mit fremdartigem Blute besonders gefahrdrohend ist. 1. Bevor die Blutkörperchen sich auflösen, pflegen sie in den meisten Fällen zu zäh aneinander geklebten Häufchen sich zu vereinigen. Derartige Klumpen von 10—20 und noch mehr Blutkörperchen sind selbstverständlich äusserst leicht im Stande, umfangreiche Capillargebiete zu verstopfen. Bei längerem Verweilen im Blute geben die zu den Häufchen zusammengeklebten rothen Blutkörperchen ihr Hämoglobin ab und es bildet sich aus den nun noch übrig gebliebenen verschmolzenen Stromaresten eine klebrige, zähe, fadenziehende Masse (Stromafibrin), welche lange Zeit hindurch feinere Gefässe verstopfen kann (vgl. pg. 56).

Diffuse Gerinnung durch das Hämoglobin.

2. Die plötzliche Gegenwart reichlichen aufgelösten Hämoglobins im Blute eines Thieres kann in demselben umfangreiche, ausgedehnte Gerinnungen bewirken. Schon Naunyn und Francken sahen bei Einspritzung gelösten Hämoglobins bei Thieren Gerinnungen dieser Art entstehen; ganz dasselbe findet auch statt, wenn sich innerhalb der Blutbahn durch Auflösung von Blutkörperchen das Hämoglobin befreit. Gerinnungen dieser Art sind meist im Venensystem, auch in den grösseren Gefässen auf grosse Strecken verbreitet. Die geschilderten Vorgänge können entweder plötzlich oder nach längerem Verlauf den Tod herbeiführen.

Zeichen der gestörten Circulation.

Da durch die Verklebung der sich zur Auflösung anschickenden Blutkörperchen, sowie durch die Stromamassen viele kleine Gefässe verstopft werden, so wird man in den verschiedenen Körperorganen Zeichen der behinderten Circulation und der Stauung antreffen. So erblickt man beim Menschen, dem Lammblut eingespritzt war, eine blaurothe Färbung der Haut in Folge des Stagnirens des Blutes in den kleinen Hautgefässen. Die Hindernisse, die der Blutstrom in den Lungen erfährt, bewirken Athemnoth, sogar Zerreissungen kleiner Gefässe der Bronchien, wodurch blutiger Auswurf bedingt wird. Die Athemnoth kann sich steigern, wenn in der medulla oblongata, dem Centrum der Athembewegungen, eine Behinderung des freien Kreislaufes sich entwickelt. An den Verdauungswerkzeugen beobachtet man aus demselben Grunde vermehrte Peristaltik der Gedärme, Kothentleerung, Stuhlzwang, Erbrechen und Leibschmerzen. Diese Erscheinungen erklären sich daraus, dass überhaupt Störungen der Circulation in den Darmgefässen vermehrte peristaltische Bewegungen nach sich ziehen. In den Nieren sieht man in Folge der Verstopfungen der Gefässe nachfolgende Entartung der Drüsensubstanz eintreten (Mittler). Die Harncanälchen verstopfen sich durch Cylinder von geronnener Eiweisssubstanz (Ponfick). In den Muskeln kann die Verstopfung vieler Gefässe Steifigkeit, ja sogar Starre durch Myosingerinnung, gerade wie beim Stenson'schen Versuche, hervorrufen unter gleichzeitiger erhöhter Wärmeproduction, welche beim Eintritte der Myosingerinnung zu erfolgen pflegt. Auch an dem Nervensysteme, an den Sinnesapparaten, dem Herzen kommen Störungen vielfältiger Art zur Erscheinung, welche sich sämmtlich auf die Verstopfung der Gefässe und die hierdurch behinderte Circulation zurückführen lassen. Von besonderem Interesse ist es noch, anzuführen, dass

nach der Transfusion mit fremdem Blute in der Regel nach einer halben Stunde ein lebhaftes Fieber auftritt. Es verdient endlich noch erwähnt zu werden, dass, wenn viele Gefässe verstopft sind, es sogar zu Zerreissungen der Gefässwände kommen kann. Hieraus erklären sich hartnäckige, wenn auch nicht gerade bedeutende Blutungen, die sowohl auf freien Flächen der Schleimhäute und serösen Häute als auch in Parenchymen der Organe, sowie auch endlich aus angelegten Wunden erfolgen können; das Blut selbst gerinnt schwer und unvollkommen. — Weitaus die meisten der mitgetheilten Thatsachen die Transfusion heterogenen Blutes betreffend sind durch meine Versuche ermittelt worden.

108. Die Blutgefässdrüsen.

1. Die Milz. Dieselbe ist unter dem Peritoneum von einer festen fibrösen Kapsel umschlossen, welche am Hilus zugleich den eintretenden Gefässen einen Ueberzug abgibt. Von der Innenfläche der Kapsel und der Oberfläche der scheidenartigen Umhüllung der Gefässe gehen zahlreiche sich kreuzende und verästelnde Balken („Milzbalken") aus, welche somit im Innern der Milz ein überaus reiches unregelmässiges (durch Auswaschen darstellbares) Maschenwerk erzeugen, den Hohlräumen eines Waschschwammes vergleichbar. Fibrilläres Bindegewebe mit elastischen und glatten Muskelfasern vermischt bildet die Grundlage dieser Theile.

Milzbalken.

Reticulum. Im Innern der Maschenräume ist ein zartes Reticulum adenoiden Gewebes ausgespannt (Billroth), welches zugleich mit den in den Maschen desselben liegenden zelligen Elementen als Pulpa bezeichnet wird. *Pulpa.*

Gefässe. Die starke Arterie und Vene der Milz sind zunächst von der fibrösen Scheide überkleidet, die auch die weiteren Verästelungen dieser Gefässe überzieht. Die kleineren Arterienäste, die allmählich diese Scheide verlieren, theilen sich schliesslich je in pinselförmig angelegte, nicht unter einander anastomosirende Endästchen (Penicilli). An den Theilungsstellen der Arterienästchen sind die weisslichen, bis stecknadelkopfgrossen Malpighi'schen Bläschen angebracht, deren Structur völlig in allen Theilen der der solitären Lymphfollikel gleicht (Gerlach; siehe diese). Die Körperchen erweisen sich als kugelförmige lymphatische Auflockerungen der Gefässscheide (sie finden sich bei manchen Thieren anstatt in der Kugelform in Form gestreckter aufgelockerter Arterienscheiden, gewissermassen als perivasculäre Lymphscheiden, die sich sogar bis auf die kleinsten Arterienzweige forterstrecken können (W. Müller, Schweigger-Seydel). Nach Tomsa sollen von den Malpighi'schen Bläschen herkommende Lymphgefässe, weiterhin in der Wand der Arterienscheiden bis zum Hilus der Milz verlaufend, angetroffen werden. Andere Lymphgefässe bilden Netze in der Kapsel.

Malpighi'sche Bläschen.

Zusammenhang der Arterien und Venen. Ueber den Zusammenhang der Arterien- und Venenenden wird angenommen, dass zwischen den feinsten capillar-gewordenen Arterienzweigen und den feinsten Venenästchen keine continuirliche Bahn liegt, dass vielmehr das Maschenwerk des Pulparetriculums das wandungslose Stromgebiet des Blutes abgibt (W. Müller). Dieser Anschauung entsprechend strömt also das Blut durch die mit dem Reticulum durchsetzten Maschenräume der Milz, wie der Lymphstrom durch die Hohlräume der Lymphdrüsen. — Nach einer anderen Ansicht (Billroth, Kölliker) ist zwischen den capillaren Arterien- und Venenenden wirklich eine geschlossene Blutbahn vorhanden, die allerdings aus erweiterten Räumen besteht (ähnlich den cavernösen Räumen der Schwellkörper). Diese intermediären Räume sind aber von einem spindelförmigen Endothel völlig begrenzt, welches nach aussen direct an das Reticulum der Pulpa stösst.

Elemente der Pulpa. Innerhalb der Maschen des Reticulums finden sich zellige Elemente verschiedener Art: 1. Lymphoidzellen in verschiedener Grösse, theilweise gequollen und mit körnchenreichem Inhalt; 2. rothe Blutkörperchen; 3. Uebergangsformen zwischen Beiden (?); 4. sogenannte blutkörperchenhaltige Zellen (vgl. 14, pg. 30).

Die zahlreichen Nerven der Milz bestehen aus sogenannten Remak'schen Fasern.

Chemie der Milz.

Von den chemischen Bestandtheilen sind einige die höher oxydirten Stufen der Eiweisskörper. Ausser den gewöhnlichen Bestandtheilen des Blutes finden sich nämlich: Leucin, Tyrosin, Xanthin, Hypoxanthin, — ferner Milch-, Butter-, Essig-, Ameisen-, Bernstein-, Harn- und (?) Glycerinphosphor-Säure (Salkowski), sodann Cholesterin, ein glutinartiger Körper, Inosit, eisenhaltige Pigmente, sogar freies Eisenoxyd (Nasse). Die Asche ist reich an Phosphorsäure und Eisen, — arm an Chlor-Verbindungen. Der Milzsaft reagirt alkalisch.

Function der Milz.

Die Function der Milz ist überaus dunkel; das Folgende scheint bemerkenswerth.

Exstirpation.

1. Die Milz kann ohne Nachtheil für das Leben entfernt werden (Galen), wie für Thiere und den Menschen erwiesen ist (Köberlé, Péan). Hiernach vergrössern sich nicht constant die Lymphdrüsen, wohl aber scheint die blutbereitende Thätigkeit des Knochenmarkes erhöht zu sein. Bei Fröschen sah man nach Milzexstirpation am Darme braunrothe Knötchen entstehen, die man als Milzersetzende Organe (?) gedeutet hat.

Contraction.

2. Vermöge ihrer glatten Muskelfasern (Kölliker) ist die Milz im Stande, ihr Volumen zu ändern. Reizungen der Milz (Rud. Wagner 1849) oder ihrer Nerven (durch Kälte, Elektricität, — Chinin, Eucalyptus, Secale und andere „Milzmittel") (Mosler) ruft Verkleinerung derselben unter Abblassen und Granulirtwerden hervor. Man findet die Milz einige Stunden nach der Verdauung vergrössert, zu einer Zeit, in welcher die Verdauungsorgane nach geleisteter Arbeit wieder blutärmer werden. Man hat so auch in der Milz einen Regulirungsapparat für den Blutgehalt der Verdauungswerkzeuge sehen wollen. Zieht sich die Milz bei der Reizung zusammen, so vergrössert sich wie durch eine Injectionsdehnung die Leber.

Lähmungen der Milznerven, wie bei gewissen Fieberintoxicationen (Malaria, Typhusgift) bewirkt Vergrösserung des Organes. Ebenso wirkt die Durchschneidung der Nerven; ich sah hierbei nach Ausrottung der zerstreut am Hilus liegenden Nervenästchen herdweise die Vergrösserung unter blaurother Färbung auftreten.

Milz als Bildungsstätte von Lymphoidzellen.

3. Man hat (Gerlach, Funke) in der Milz ein Blutbildungsorgan erkennen wollen. Sicher entstehen in ihr zahlreiche Lymphoidzellen (bei Hyperplasie der Milz sogar bis zur ausgesprochenen „lienalen" Leukämie). Das Milzvenenblut enthält stets zahlreiche Lymphoidzellen (pg. 32), von denen in der Blutbahn weiterhin zahlreiche durch fettige Entartung zu Grunde gehen (Virchow).

Milz als Auflösungsorgan rother Blutkörperchen.

4. Andere (Kölliker, Ecker) wollen in der Milz ein Einschmelzungsorgan der Blutkörperchen sehen, wofür namentlich die sogenannten „Blutkörperchenhaltigen Zellen" herangezogen werden. Nach den Beobachtungen von Kusnetzow handelt es sich in diesen Gebilden um grosse Lymphoidzellen, welche rothe Blutkörperchen durch die Amöboidbewegung in sich aufgenommen haben (die sich ähnlich auch in Blutextravasaten finden sollen; Virchow). Letztere zerfallen nun allmählich innerhalb derselben und liefern als Abkömmlinge des Hämoglobins dem Hämatin ähnliche eisenhaltige Pigmente. Es enthält daher die Milz mehr Eisen, als ihrem unveränderten Blutgehalte entsprechen würde. Vergleicht man hiermit noch das Vorkommen der Zersetzungsproducte und höherer Oxydationsproducte der Eiweisskörper in der Milz, so dürfte in der That die Milz als Einschmelzungsorgan der rothen Blutkörperchen gelten, wofür auch noch das Auftreten der Salze der rothen Blutkörperchen im Milzsafte spricht. Nach Schiff soll allerdings die Milzexstirpation auf die absolute und relative Menge der rothen und weissen Blutkörperchen ohne Einfluss sein. — Anderweitige Veränderungen des Blutes in der Milz: Zunahme von Wasser- und Faserstoff, — kleinere, hellere, weniger abgeplattete, resistentere rothe Blutkörperchen der Milzvene, die sich nicht geldrollenartig an einander legen — leichtere Krystallisation des Hämoglobin's der Milzvene, reicherer O-Gehalt des Blutes der letzteren während der Verdauung, lassen sich zur Zeit nicht deuten und dürften überhaupt nur mit Vorsicht acceptirt werden.

5. Zweifelhaft ist auch endlich die Ansicht, dass nach Exstirpation der Milz die Verdauungsthätigkeit des Pankreas leide und die des Magens erhöht

werde (Schiff). Die hervorgehobene Gefrässigkeit solcher Thiere ist nicht constant.

6. Die vermeintlichen Beziehungen der Milz zum Geschlechtstriebe sind längst widerlegt (Bardeleben).

Milztumoren. Das Auftreten der Milzschwellung bei verschiedenen Krankheiten hat seit Alters die Aufmerksamkeit der Aerzte erregt. Schon im normalen Zustande zeigt die Milz, namentlich der wechselnden Thätigkeit der Verdauungsorgane entsprechend, während des Tages einen oftmaligen Wechsel ihres Volumens. In dieser Beziehung verhält sich die Milz den arteriellen Gefässen ähnlich. Ihre *Milznerven.* Nerven (die demgemäss den vasomotorischen nahestehen) haben ihr Centrum im verlängerten Marke. Die Erregungen dieses, namentlich auch Erstickung, rufen Contraction der Milz hervor. Von hier aus verlaufen die Fasern durch das Rückenmark (in welchem vom 1. bis 4. Halswirbel Ganglienzellen liegen sollen, die gleichfalls auf die Milzcontraction einwirken) weiter durch den linken N. splanchnicus, das Ggl. semilunare bis in das Milzgeflecht (Jaschkowitz). Reizungen der Nerven (ebenso directe Kälteapplication auf die Milz oder selbst die Milzgegend) bedingen Contraction der Milz, Lähmungen (auch durch Curare oder anhaltende Narkose) vergrössern die Milz (Bulgak).

Druck auf die vena lienalis macht die Milz leicht schwellen (Mosler). Hiermit stimmt es, dass bei erhöhtem Blutdruck in dieser Vene (bei Pfortaderstauungen, Aufhören von Hämorrhoidal- und Menstrualblutungen) Milzschwellung häufig beobachtet wird. — Die Wirkung der Milzmittel, namentlich des Chinin's auf die Contraction des geschwellten Organes glaubt Binz so erklären zu müssen, dass das Chinin die Production der Lymphoidzellen in der Milz hemme, in Folge dessen das Organ seine Hauptfunction einbüsse und dem entsprechend blutärmer werde. — Es ist unentschieden, ob die Contraction oder Schwellung der Milz das Verhältniss der weissen und rothen Blutkörperchen im Blute verändere. — Sensible Nerven scheint die Milz nur im Peritoneum zu besitzen.

2. Die Thymus. In der Fötalperiode relativ mächtig entwickelt und in den beiden ersten Lebensjahren noch wachsend, wird das Organ bis gegen das 10. Lebensjahr stationär, um weiterhin zu atrophiren und fettig zu entarten. Sie scheint, so lange sie besteht, die Function einer echten Lymphdrüse zu haben, wofür der Umstand spricht, dass bei Reptilien und Amphibien, welche keine Lymphdrüsen besitzen, die Thymus ein permanent functionirendes Organ ist.

Das ganze Organ besteht aus 0,5—1,5 Mm. grossen, die Structur der einfachen Lymphfollikel zeigenden Bläschen (vgl. Figur 71). Die im Reticulum liegenden Lymphoidzellen können verschiedene Stadien des Zerfalles zeigen. Ausserdem finden sich zerstreut in demselben noch eigenthümliche räthselhafte „concentrische Körper“ (Ecker), zumal in der Zeit der Rückbildung vor. Simon, His u. A. haben der Thymus im Innern einen vielgewundenen blind endigenden Canal, „den Centralcanal“ zugesprochen, welchem äusserlich die Follikel aufsitzen sollen; doch haben andere Forscher denselben entweder nur für ein Lymphgefäss oder sogar für ein Kunstproduct erklärt. Zahlreiche feinere Lymphgefässe durchziehen theils das Innere, theils verbreiten sie sich auf der Oberfläche des Organs; ihre Anfänge sind noch nicht sicher erkannt. Blutgefässe sind relativ reichlich vorhanden.

Unter den chemischen Bestandtheilen ist nennenswerth ausser Eiweiss und Natronalbuminat noch Leucin, Hypoxanthin, Ameisen-, Essig-, Butter-, Milch- und Bernstein-Säure. In der Asche sind Kali und Phosphorsäure über Natron- und Chlorverbindungen vorherrschend.

Exstirpationen der Thymus haben über die Function derselben kein Licht verbreiten können.

3. Die Schilddrüse. Dieses Organ enthält in einer bindegewebigen Grundlage reich an Zellen zahlreiche völlig geschlossene Blasen (0,04—0,1 Mm. im Durchmesser), die beim Embryo und Neugebornen eine Auskleidung von einem einschichtigen Lager kernhaltiger kubischer Zellen zeigen. Der Inhalt der Blasen ist eiweisshaltig. Schon frühzeitig vergrössern sich die Blasen unter Schwund ihres Zellenbelages und colloider Entartung der Inhaltsflüssigkeit.

Starke namhafte Blutgefässe treten zu dem Organe hin. Lymphgefässe beginnen theils im Innern zwischen den Blasen, theils bilden sie ein Netz in der Kapsel, die das ganze Organ einhüllt.

Die Function ist völlig dunkel, vielleicht ist sie der Regulirungsapparat für den Blutgehalt des Kopfes. Besonders merkwürdig ist die Vergrösserung derselben neben Herzklopfen und Hervortreten der Augäpfel in der sogenannten Basedow'schen Krankheit, die, wie es scheint, auf einer gleichzeitigen Erregung des N. accelerans cordis, der sympathischen Fäden für die glatten Muskelfasern im Augenhöhlengrunde und in den Lidern (H. Müller), sowie der Hemmungsfasern der Gefässe der Thyreoidea zu beruhen scheint. — In manchen Gegenden sind bedeutende Schwellungen (Kropf) sehr häufig, nicht selten neben Idiotie und Cretinismus.

4. **Die Nebennieren.** Diese in Mark- und Rindenschicht getheilten Organe besitzen in der letzteren mehr längliche, radiär gestellte, in der Marksubstanz mehr rundliche, von Bindegewebe gebildete und von Blutgefässen begrenzte Fächer. In letzteren liegen in der Rinde (in einem Reticulum eingebettet) mehr polyëdrische, kernhaltige, hüllenlose Protoplasmazellen, deren Substanz Pigment und Fettkörnchen enthält und dunkler und resistenter ist, als an den Zellen des Markes. Letzteres enthält auch polypolare Nervenzellen nebst zuleitenden Fasern, weshalb man auch diesen Theil wohl für einen nervösen Apparat gehalten hat. Die Gefässe sind relativ reichlich.

Die Function der Nebennieren ist völlig unbekannt. Merkwürdig ist, dass bei der wahrscheinlich auf einer primären Nervenaffection beruhenden sogenannten Addison'schen Krankheit (bronzed skin), bei welcher die Haut bronzefarbig ist, häufig die Nebennieren entartet gefunden wurden. Exstirpation der Nebennieren ist wegen der Verletzung der Abdominalorgane sehr gefährlich, aber nicht absolut tödtlich. Brown-Séquard glaubte, dass den Nebennieren die Function zukomme, übermässige Pigmentbildung im Blute zu hemmen.

5. **Hirnanhang, Steissdrüse, Carotisdrüse.** Der Hirnanhang, dessen hinterer Theil zum Infundibulum gehört, in welchem jedoch die nervösen Elemente vielfach durch Bindegewebe und Blutgefässe verdrängt sind, dessen vorderer Theil eine abgeschnürte und veränderte Partie der eingestülpten Rachenhaut darstellt, in der sich jedoch noch drüsenartige Bildungen erhalten haben (die in ihrem Bau der Nebenniere gleichen (Ecker, Mihalkowicz), ist in seiner Function unbekannt.

Dasselbe gilt von der, aus durch Bindegewebe zusammengefügten, mehr cavernösen Gefässknäueln bestehenden, an der Steissbeinspitze liegenden, sogenannten Steissdrüse (Luschka). Aehnlich gebaut ist die Carotisdrüse. (Vgl. pg. 126.) Vielleicht handelt es sich in den letzten beiden um übrig gebliebene Reste embryonaler Gefässanlagen (Arnold).

109. Vergleichend anatomische Bemerkungen.

Das Herz der Fische, sowie der kiementragenden Larven der Amphibien ist ein einfaches, venöses: es besteht aus Vorkammer und Kammer. Die Kammer sendet das Blut zu den Kiemen, von diesen arterialisirt, sammelt es sich zur Aorta, fliesst in alle Körpertheile und kehrt endlich durch die Körpercapillaren wieder zum Vorhofe zurück. — Die Amphibien (Frosch) haben zwei Vorkammern und eine Kammer. Aus letzterer entspringt nur ein Gefäss, welches die Arteria pulmonalis abgibt und als Aorta dann alle Körperorgane versorgt. Die Venen des grossen Kreislaufes münden in den rechten, die des kleinen in den linken Vorhof. Bei den Fischen und Amphibien besteht ein erweiterter Bulbus arteriosus am Anfang der Aorta, der theilweise mit starken Muskeln belegt ist. — Die Reptilien besitzen zwei gesonderte Vorhöfe, jedoch nur unvollkommen getheilte zwei Kammern. Aorta und Art. pulmonalis entspringen aus den letzteren getrennt. Das gesondert in den rechten und linken Vorhof einfliessende Venenblut des grossen und kleinen Kreislaufes vermischt sich innerhalb des Kammerraumes. Bei einigen Reptilien scheint jedoch die Oeffnung im Septum ventriculorum einer (willkürlichen oder reflectorischen?) Verschliessung fähig zu sein. Die Krokodile besitzen sogar zwei völlig getrennte Kammern.

— Alle Vögel und Säuger haben wie der Mensch zwei getrennte Vorkammern und zwei getrennte Kammern. Bei Halicore, einem pflanzenfressenden walartigen Meerthiere, ist der Ventrikeltheil des Herzens durch einen tiefen Spalt in zwei Hälften zerlegt. Einige Thiere haben accessorische (Hilfs-) Herzen, z. B. der Aal, eingeschaltet in die Venenbahn des Schwanzes.

Das niedrigste aller Wirbelthiere, Amphioxus, hat gar kein Herz, sondern nur rhythmisch sich zusammenziehende Gefässe.

Unter den Wirbellosen finden sich geschlossene Blutbahnen mit pulsirender Bewegung nur vereinzelt, z. B. bei den Stachelhäutern (Echinodermata: wie Seeigel, Seestern, Holothurie) und den höheren Würmern. — Die Insecten besitzen in der Dorsalgegend als Centralorgan der Circulation das „Rückengefäss", ein durch Muskeln erweiterungsfähiger, klappenreicher, contractiler Längsschlauch, der das Blut rhythmisch ausstösst in die Zwischenräume aller Körperorgane. Geschlossene Gefässbahnen fehlen ihnen. — Auch die Muscheln und Schnecken besitzen ein Herz mit lacunären Gefässbahnen. — Die Cephalopoden (Kraken, Tintenfische) haben 3 Herzen: ein arterielles einfaches Körperherz und zwei venöse einfache Kiemenherzen je an dem Grunde der Kiemen belegen. Die Gefässbahnen sind hier überwiegend geschlossen. — Die niedrigsten Thiere haben entweder nur pulsirende Vacuolen (selbst in der Vielzahl), welche den farblosen (Blut-) Saft in das weiche Körperparenchym hineintreiben, wie die Infusorien, oder es fehlt jeglicher Gefässapparat, so dass allein durch die Vermittelung der Körperbewegung der Leibessaft eine Ortsbewegung erfährt (Gregarinen). Bei der Gruppe der Cölenteraten (darmlosen Strahlthieren: Polypen, Quallen) ist ein Wassergefässsystem vorhanden, welches den Ernährungssaft direct aus der verdauenden Cavität umherleitet und welches durch gleichzeitige Umherleitung des (O-haltigen) Wassers durch das Röhrensystem zugleich als Athmungsorgan dient.

110. Historischer Ueberblick.

Den Alten war zwar nicht die Bewegung des Blutes, wohl aber der Kreislauf desselben unbekannt. Nach Aristoteles (384 v. Chr.) bereitet das Herz, die Akropolis des Leibes (das bei keinem Blutthiere fehlt), das Blut in seinen Höhlen, und durch die Adern strömt es als Nährflüssigkeit zu allen Körpertheilen hin, gleichwie Wasserbäche fort und fort sich theilend ein Gelände durchrieselnd, dieses befeuchten und befruchten. Aber niemals strömt das Blut wieder zum Herzen zurück. (Schildkröten können kurze Zeit mit ausgerissenem Herzen leben.) —

Durch Herophilus und Erasistratus (300 v. Chr.), die berühmten Aerzte der alexandrinischen Schule, kam die irrthümliche Anschauung auf, dass in den Arterien Luft enthalten sei, die denselben durch die Athmung zugeführt werde (daher der Name Arterie). — Diesen Irrthum widerlegte Galenus (131—201 n. Chr.) durch Vivisectionen. Man hatte die alleinige centrifugale Blutbewegung noch festgehalten: zwischen dem rechten und linken Herzen nahm man irrthümlich verbindende Oeffnungen an.

Vesalius zeigte, dass das Septum ohne Oeffnungen sei. — Man suchte daher nach der Communication des rechten und linken Herzens, und so gelang es Michael Serveto (spanischer Mönch, 1553 in Genf auf Calvin's Antrieb als Ketzer verbrannt), den kleinen Kreislauf zu entdecken: „fit autem communicatio haec non per parietem cordis medium, ut vulgo creditur, sed magno artificio a cordis dextro ventriculo, longo per pulmones ductu, agitatur sanguis subtilis; a pulmonibus praeparatur, flavus efficitur et a vena arteriosa (art. pulmonalis) in arteriam venosam (venae pulmonales) transfunditur." — Caesalpinus nannte, die Entdeckung bestätigend, diesen Blutlauf „Circulatio". — Fabricius ab Aquapendente (Padua 1574) erkannte aus der Stellung der von ihm genauer untersuchten Venenklappen (die schon in der Mitte des 5. Jahrh. n. Chr. Theodoretus, Bischof in Syrien, entdeckt hatte) die centripetale Blutbewegung in den Venen (die bis dahin fast durchweg als centrifugal gegolten hatte, doch kannte schon Vesal den centripetalen Strom in den Hauptstämmen). William Harvey, Schüler des Vorigen (bis 1604), demonstrirte 1616—1619 den Gesammtkreislauf: die grösste physiologische Entdeckung (veröffentlicht 1628).

Physiologie der Athmung.

111. Zweck und Eintheilung.

Zweck der Athmung.

Die Athmung hat den Zweck, dem Körper die zu den Oxydationsprocessen nothwendige Menge O zuzuführen, sowie die durch dieselben gebildete CO_2 zu entfernen. In wirksamster Weise wird die hierzu erforderliche Thätigkeit von Seiten der Lungen geleistet. Man unterscheidet die „äussere“ und die „innere“ Athmung: erstere umfasst den Gasaustausch zwischen der äusseren Luft und den Blutgasen der Athmungsorgane (Lungen und Haut), — letztere den Gaswechsel zwischen dem Capillarblut des grossen Kreislaufes und den Geweben der Körperorgane.

Aeussere und innere Athmung.

Athmung im Thierreiche.

Vergleichend anatomisch-physiologische Bemerkungen. Die Lungen der Vögel zeigen ein schwammiges Gefüge, sie sind mit der inneren Brustwand verwachsen und haben auf ihrer Oberfläche Oeffnungen, die zu grossen zwischen den Eingeweiden liegenden dünnwandigen Luftsäcken führen. Aus letzteren gehen weitere Communicationen zu den Hohlräumen in den Knochen, die zur grösseren Leichtigkeit statt des Markes Luft im Innern enthalten (Pneumaticität der Knochen) (Aristoteles). Das Zwerchfell fehlt. — Die Reptilien zeigen bereits die Lungen in grössern und kleinern Bläschenabtheilungen getrennt; bei den Schlangen verkümmert die eine Lunge, während die andere, der Körperform entsprechend, sehr gestreckt und verlängert ist. Die Frösche pumpen Luft in ihre Lungen durch Contraction ihres Kehlsackes bei geschlossenen Nasenlöchern, während sie den Kehlkopf eröffnen. Die Schildkröten füllen durch eine Saugbewegung die Lungen mit Luft. Die Amphibien (Frosch) besitzen zwei einfache Lungen, von denen jede in ihrem Bau gewissermassen ein kolossales Infundibulum mit den Alveolen darstellt. In der Jugend (bis zu ihrer Metamorphose) athmen sie als Wasserbewohner durch Kiemen, unter ihnen die Perennibranchiaten (Proteus) jedoch wie auch die Fische zeitlebens. Unter den letzteren besitzen die Dypnoei in ihrer mit zu- und abführenden Gefässen reichlich ausgestatteten Schwimmblase, neben ihnen Kiemen, ein den Lungen entfernt vergleichbares inneres Athmungsorgan. Unter Kiemen versteht man ein in Form zahlreicher gefässhaltiger plättchenförmiger Ausstülpungen gebildetes Organ zur Athmung im Wasser. Unter den Fischen zeigen die Schlammpitzger (Cobitisarten), zumal wenn es ihnen an Wasser gebricht und sie sich im Schlamme einwühlen, eine Darmathmung, indem sie an der Oberfläche des Wassers Luft verschlucken, im Darme daraus den O entnehmen und sie schliesslich CO_2-reich durch den After wieder entleeren (Erman 1808). — Die Insecten und Tausendfüssler athmen durch Tracheen, zahlreiche sich im ganzen Körper verbreitete Luftcanäle, die auf der äusseren Körperoberfläche durch verschliessbare Oeffnungen (Stigmen) mit der atmosphärischen Luft in Communication stehen. Da die Insecten keine Kreislaufsbewegung des Blutes besitzen,

so dringt in ihre blutgefüllten Körperräume von allen Seiten her die in Röhren geleitete Luft hinein, während bei den lungenathmenden Vertebraten das in Röhren geleitete Blut aus dem ganzen Körper dem Athmungsorgan zugeführt wird. Die Arachniden athmen durch Tracheen und lungenartige Luftsäcke, oder richtiger Tracheentaschen; — die Krebse durch Kiemen. Den Muscheln und Cephalopoden kommen ausgebildete Kiemen zu, den Schnecken theils Kiemen, theils Lungen. Unter den niederen Thieren finden sich noch kiemenartige Bildungen unter den Ringelwürmern und bei den Echinodermen, — Darmathmung bei den Tunikaten und manchen Milben. — Die Athmung durch ein Wassergefässsystem, ein von Flüssigkeit durchströmtes Canalsystem ist den Quallen und Plattwürmern eigen. Den niedrigsten Thierformen Protozoen, Polypen, kommt ein besonderes Athmungsorgan nicht zu, bei ihnen unterhalten die wasserumspülten Flächen den respiratorischen Gasaustausch.

112. Bau der Luftwege und der Lungen.

Die Lungen sind zusammengesetzt schlauchförmige (traubenförmige?) CO_2 absondernde Drüsen; jede derselben sendet ihren Ausführungsgang (Bronchus) dem gemeinsamen Luftweg, der Trachea, zu.

Die Luftröhre und die Bronchien.

Die Trachea hat zur Grundlage eine Anzahl C-förmiger über einander gelagerter hyaliner Knorpelbogen vereinigt durch eine straffe Faserhaut dichter mit Bindegewebe vermischter elastischer Netze, die vornehmlich in der Längsrichtung angeordnet sind. Die Knorpel haben die Aufgabe, dem Rohre unter den wechselnden Druckverhältnissen ein offenes Lumen zu wahren, dieselben finden eine analoge Verwendung in den Bronchien und deren Verzweigungen, und fehlen erst in den kleinen Luftgängen von 1 Mm. Durchmesser. Schon vorher in den kleineren Bronchien sind sie spärlicher, unregelmässiger und namentlich noch an den Bifurcationsstellen in Form unregelmässiger Plättchen der Wandung eingefügt.

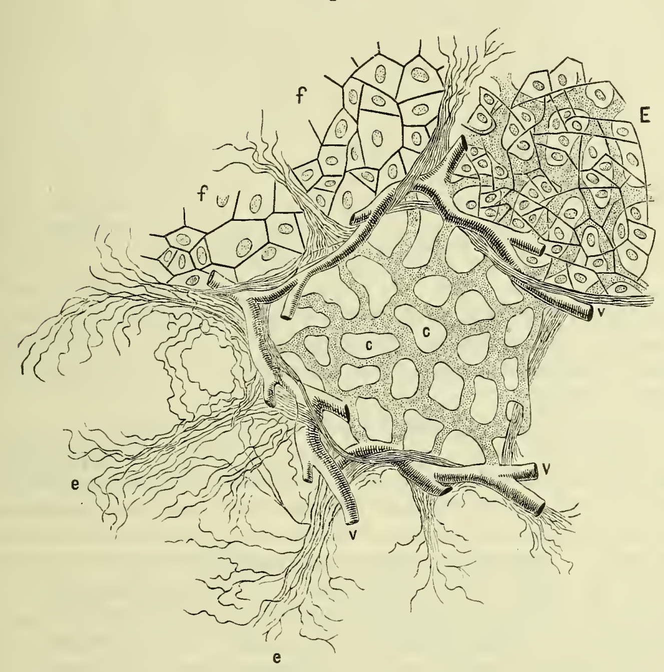
Eine äussere Faserschicht von Bindegewebe und elastischem Gewebe überkleidet die Luftröhre und die Aeste des Bronchialbaumes; derselben sind gegen den Oesophagus zu reichere elastische Elemente und spärliche Bündel längsgeordneter glatter Muskelfasern zugefügt. Glatte Muskelfasern finden sich in der Trachea vornehmlich in querer Anordnung, die Enden der Knorpelbögen (hinten) verbindend, an welchen sie sich mittels elastischer Sehnen inseriren; vereinzelte Längsbündel finden sich auch an der äusseren Fläche der Luftröhre (Kramer). Diese Muskelfasern haben die Aufgabe, bei hoher Drucksteigerung im Innern der grossen Luftcanäle einer etwaigen zu starken Dehnung entgegen zu wirken. Die Schleimhaut ist neben Bindegewebe ganz besonders reich an vornehmlich längsverlaufenden elastischen Fasern, die zumal dicht unter der dem Epithel zur Grundlage dienenden Basalmembran die grösste Mächtigkeit haben. Das äusserst knappe, kaum trennbare Gewebe der vorwiegend bindegewebigen Submucosa heftet die Schleimhaut den Knorpeln und der sie verbindenden Faserhaut an. Das Epithel der Trachea ist ein geschichtetes Flimmerepithel, dessen Wimpern gegen die Glottis hin schlagen mit zwischenliegenden Becherzellen. Zahlreiche kleine einfach traubenförmige Schleimdrüschen (in deren Ausführungsgänge das Wimperepithel theilweise hineinreicht), finden sich unter und in der Mucosa der Trachea (namentlich an der Hinterwand und zwischen den Knorpeln), aber auch der Bronchien. Sie sondern den zähklebrigen Schleim ab, durch welchen die Staubtheilchen der geathmeten Luft sich niederschlagen und nun mit dem Schleime zugleich durch das Wimperepithel aus dem Bronchialbaum und dem Kehlkopfe entfernt werden. Die Luftcanäle sind reich an Lymphgefässen, dagegen treten Nervenstämmchen und Blutgefässe mehr zurück.

Die kleinen Bronchialzweige sind den gröberen gegenüber, ausser dem Zurücktreten der Knorpel, durch das Vorhandensein einer geschlossenen Ringmuskellage ausgezeichnet; — in ihnen fehlen ferner die Schleimdrüschen, das Epithel wird niedriger, wimperlos und schliesslich findet sich in den kleinsten Röhrchen nur noch ein einschichtiges Plattenepithel. Schleimabsondernde Becherzellen werden bis in die kleineren Luftcanäle hinein verfolgt.

Die kleinsten Bronchien gehen, nachdem sie sich vielfach getheilt und verästelt haben, schliesslich in verzweigte unregelmässig ausgebuchtete Canäle über, welche blind enden und Alveolengänge genannt werden. Letztere sind ringsum mit zahlreichen, dicht neben einander befindlichen halbkugeligen oder sphäroiden Ausbuchtungen (Alveoli) besetzt. Die feinsten Bronchien haben noch glatte Muskelfasern und prismatische Epithelien (Fr. E. Schulze, Stieda).

Kleinste Bronchien- und Alveolengänge.

Fig. 50.



Histologie der Lungenbläschen (halbschematisch).
v v die Blutgefässe an den Grenzen der Alveolen: — *c c* die Blutcapillaren eines Alveolus: — *E* Lageverhältniss der Alveolen-Epithelien zu den Blutcapillaren; — *ff* die Alveolen-Epithelien allein gezeichnet. — *e e* das elastische Gewebe der Lungensubstanz.

Dieser Darstellung gegenüber mag noch die ältere, vielfach verbreitete Beschreibung Platz finden.

Nach dieser trägt jedes feinste Luftcanälchen (Bronchiolus) das endständige birnförmige, völlig für sich abgeschlossene Lungenbläschen (Malpighi 1661), welches also vom Bronchiolus aus sich trichterartig erweitert (Infundibulum) und am Ende mehr weniger kugelig geschlossen ist. Von der Innenfläche der birnförmigen Blase springen coulissenartige Septa ziemlich tief in den Hohlraum hinein, wodurch das Bläschen in 20—30 kleine rundliche Nebenräume (Alveoli) getheilt wird (Rossignol 1846). Hierdurch wird die respiratorische Fläche wesentlich vergrössert und jedes Lungenbläschen gewinnt das Aussehen der grobzelligen Froschlunge (Kölliker).

Dort, wo die Bronchiole sich dem Bläschen anschliesst, lagert eine ziemlich starke, nach Sphincterenart angeordnete, circuläre Muskelschicht (Rindfleisch).

Bau der Lungen-alveolen.

Ueber den feinen Bau der Alveolen ist Folgendes zu bemerken: 1. Die gestaltgebende Bläschenmembran ist structurlos, elastisch mit eingelagerten Kernen. — 2. Netze zahlreicher feiner elastischer Fasern (R. Wagner) umspinnen die Bläschen. Sie verleihen der Lungensubstanz vornehmlich die grosse Elasticität. (Da die elastischen Fasern sich durch grosse Widerstandsfähigkeit auszeichnen, so trifft man im Auswurfe lungenkranker Menschen nicht selten dieselben in ihrer noch erhaltenen charakteristischen Anordnung, ein untrügliches Zeichen, dass die Substanz der Lunge dem Zerfalle preisgegeben ist.) Glatte Muskelfasern, die man der Bläschenwand anliegend gesehen haben will (Moleschott), werden vermisst; — ob solche im interstitiellen Gewebe zwischen den Lungenbläschen angetroffen werden können, ist ebenfalls noch zweifelhaft. — 3. Die Schlingen der reichhaltigen Capillarnetze treten frei gegen den Bläschenraum hervor (Rainey). — 4. Zwischen den nackten Capillarschlingen liegen, wie früher angenommen, gruppenweise geordnet (also discontinuirlich) die sehr zarten platten kernhaltigen Lungenepithelien.

Nach Elenz sollen die Capillaren der Säuger und Reptilien jedoch nicht völlig nackt sein, sondern von den sehr dünnen, kernlosen Theilen der umfangreicheren Plattenepithelien bedeckt sein, deren kernführende Abschnitte stets in den Interstitien der Capillarmaschen angetroffen werden.

Gefässe des kleinen Kreislaufes.

Die Gefässe der Lungen gehören zwei verschiedenen Systemen an: A) Dem System der Pulmonalgefässe (des kleinen Kreislaufes). Die Verzweigungen der A. pulmonalis folgen denen der Luftcanäle, denen sie unmittelbar anliegen (so dass ihre pulsatorische Bewegung sich dem Luftinhalte mittheilen kann [siehe kardiopneumatische Bewegung]). Das sich aus ihnen entwickelnde Gebiet der Capillaren ist ein sehr reiches Netz mittelfeiner, im Gesammtquerschnitt jedoch nicht das Lumen des Gesammtquerschnittes der Capillaren des grossen Kreislaufes erreichender Haargefässe. Daher ist der Strom in den Lungencapillaren schneller als in den Haargefässen des Körpers. Die Lungenvenen, in ihren Stämmen gleichfalls die Luftcanäle begleitend, sind zusammen enger als die Art. pulmonalis (Wasserabgabe in den Lungen). — B) Das System der Bronchialgefässe stellt das Ernährungsmaterial für das Athmungsorgan. Den Bronchien folgend, geben die Aa. bronchiales Zweige an diese ab, sowie an die Lymphdrüsen im Lungenhilus, an die grossen Stämme der Lungengefässe (vasa vasorum) und die Pleura pulmonalis. Die aus den Capillaren hervortretenden Gefässe gehen theils in die Anfänge der Venae pulmonales über (aus diesem Grunde haben alle erheblichen Stauungen im kleinen Kreislaufe auch Stauungen in dem Blutlaufe der Bronchialschleimhaut verbunden mit Bronchial-Katarrhen zur Folge); — theils bilden sie besondere Venenbahnen, die als Venae bronchiales sich im hinteren Mittelfellraum in die Stämme der Vv. azygos, intercostales oder cava superior ergiessen. — Die Lymphgefässe beginnen im Innern der Lungenbläschen und der kleinen Luftcanäle mittelst freier Stomata (Sikorsky 1870).

Bronchialgefässe.

Lymphgefässe der Lungen

Ganz auffällig ist es, mit welcher Schnelligkeit in die Lungen eingeführte, selbst grössere Flüssigkeitsmengen resorbirt werden, wie ich nach Einspritzen von Wasser in die Trachea lebender Thiere oft gesehen habe. Sogar Blut wird in gleicher Weise aufgenommen, so dass Nothnagel schon nach 3—5 Minuten die Blutkörperchen im interstitiellen Lungengewebe antraf. Offenbar sind hier die Stomata die Aufnahmestellen.

In der Wand der Lungenalveolen bilden die feinsten Lymphröhrchen ein in den Lücken der Blutcapillaren liegendes zartes Canalsystem, das an den Kreuzungspunkten Erweiterungen zeigt. Von hier ziehen die Gefässe den Bronchien entlang, in der Mucosa und Submucosa ein dichtes längsgemaschtes Netz bildend, zur Lungenwurzel, wo sie sich mit den hier liegenden Drüsen vereinigen. — Von der an elastischen Fasern sehr reichen Pleura pulmonalis beginnen oberflächliche Lymphgefässe der Lungen mit freien Stomata (Klein); ebenso communiciren die Lymphgefässe der Pleura perietalis an vielen Stellen (am Zwerchfell nur an bestimmten Bezirken) durch Stomata mit dem Brustraume der Pleuren (Bizzozero, Salvioli). — Die Lymphgefässe der Adern des kleinen Kreislaufes liegen zwischen Media und Adventitia (Grancher).

und der Pleuren.

Die Wirkung der glatten Muskelfasern des gesammten Bronchialbaumes scheint mir darin zu bestehen, dem erhöhten Drucke (wie bei allen forcirten Exspirationen, beim Sprechen, Singen, Blasen etc.), innerhalb der Luftcanäle Widerstand zu leisten. Nach dem Zeugnisse vieler Forscher (seit Longet 1842) ist der N. vagus der motorische Nerv; von ihm hängt bei erhöhter Spannung innerhalb der Luftcanäle der sogenannte Lungentonus ab. Plötzliche ausgiebige Bewegungen nimmt man (etwa an einem in die Trachea eingebundenen Manometer) nach Vagus- oder directer Lungenreizung nicht wahr. Es kann zweifelhaft erscheinen, ob unter pathologischen Verhältnissen von einer Vagusreizung das sogenannte Asthma bronchiale herrühre (Bergson 1850, Salter).

Glatte Muskeln der Luftcanäle.

113. Mechanismus der Athmung.

Der Mechanismus des Athemholens besteht in einer abwechselnden Erweiterung und Verengerung des Brustkorbes. Die Erweiterung wird Einathmung oder Inspiration, — die Verkleinerung Ausathmung oder Exspiration genannt. — Da die ganzen äusseren Oberflächen der beiden elastischen Lungen vermittelst ihres glatten feuchten Pleuraüberzuges der inneren Wand der ebenfalls, von der Pleura parietalis, überkleideten inneren Fläche der Brustwandung unmittelbar und völlig luftdicht anliegen, so ist es ersichtlich, dass sie bei jeder Ausdehnung des Thorax ebenfalls ausgedehnt, bei jeder Verkleinerung mit verkleinert werden müssen. Diese Bewegungen der Lungen sind also völlig passive, von den Thoraxbewegungen abhängende (Galenus).

Inspiration und Exspiration.

Die Bewegung der Lungen ist immer passiv.

Vermöge ihrer vollkommenen Elasticität und ihrer grossen Dehnbarkeit werden die Lungen jedem Raumeswechsel der Brusthöhle zu folgen im Stande sein, ohne dass die beiden Pleurablätter jemals von einander weichen. Da auch im nicht erweiterten Thorax der Innenraum grösser ist, als das Volumen der zusammengesunkenen herausgenommenen Lungen, so müssen

sich die Lungen in ihrer natürlichen Lage innerhalb des Brustkorbes ausgedehnt, also in einem gewissen Grade elastischer Spannung befinden. Letztere wird um so grösser sein, je erweiterter der Brustraum ist, und umgekehrt. Sobald die Pleurahöhle von aussen her durch eine Perforation eröffnet wird, zieht sich die Lunge durch ihre Elasticität zusammen und es entsteht ein mit Luft gefüllter Raum zwischen Lungenoberfläche und Brustraum - Innenfläche (Pneumothorax). Die betreffende Lunge ist hierdurch für die Athmungsthätigkeit lahm gelegt: doppelseitiger Pneumothorax zieht demnach den Tod nach sich.

Die Lungen sind im Zustande elastischer Spannung.

Pneumothorax.

Es ist einleuchtend, dass auch eine Durchbohrung eines Luftcanales der Lunge durch die Oberfläche der Pleura pulmonalis hindurch die Atmosphäre von der Luftröhre aus in den Pleurasack zur Pneumothoraxbildung einlassen muss.

Bestimmung der elastischen Spannung der Lungen an Leichen.

Fügt man bei menschlichen Leichnamen durch einen Intercostalraum ein Manometer bis in den Pleuraraum, so kann man die Grösse des elastischen Zuges der gedehnt erhaltenen Lunge an der Quecksilbersäule messen. Sie beträgt bei der im Tode, wie im Ausathmungszustande, zusammengesunkenen Brustkorbstellung 6 Mm. Quecksilber. Wird jedoch der Thorax durch Zug von aussen in die erweiterte Inspirationsstellung gebracht, so ist die Grösse des elastischen Zuges bis auf 30 Mm. vermehrt (Donders).

Der Luftwechsel in den Lungen ist Folge der Druckdifferenz der Luft innerhalb und ausserhalb der Lungen.

Werden mit der inspiratorischen Erweiterung des Brustkastens zugleich auch die elastischen Lungen ausgedehnt, so würde — falls für diese Zeit zunächst die Glottis geschlossen wäre — eine Verdünnung der Luft innerhalb der Lungen stattfinden, da sich ja das Volumen dieser Luft auf ein grösseres ausdehnen müsste. Würde nun plötzlich die Glottis geöffnet, so müsste die atmosphärische Luft so lange in die Lungen einströmen, bis die Lungenluft gleiche Dichtigkeit mit der Atmosphäre erlangt hätte. — Umgekehrt: werden mit dem Brustkorb bei der Exspiration auch die Lungen verkleinert, so würde — falls wir uns zunächst wieder die Stimmritze geschlossen denken — die Lungenluft verdichtet, d. h. auf ein kleineres Volumen zusammengepresst. Würde nun plötzlich die Glottis geöffnet, so würde so viel Luft aus den Lungen entweichen, bis innen und aussen gleicher Druck herrschte. Da beim gewöhnlichen Athmen die Stimmritze offen steht, so wird der Ausgleich des verminderten oder vermehrten Luftdruckes in der Lunge bei In- und Exspiration allmälig erfolgen. Dass aber auch so noch während der ruhigen Einathmung ein geringer negativer Druck, bei der Ausathmung ein geringer positiver Druck in der Lungenluft herrscht, ist sicher: ersterer beträgt 1 Mm., letzterer 2—3 Mm. Quecksilber in der Luftröhre (bei Menschen mit Luftröhrenwunden messbar).

114. Mengenverhältniss der gewechselten Athmungsgase.

Nur ein Theil der Lungenluft wird gewechselt.

Da die Lungen im Brustkorbe niemals ihren Luftgehalt völlig abgeben, so wird bei der Füllung und Entleerung derselben bei der Inspiration und Exspiration stets nur ein Theil der Lungenluft dem Wechsel unterworfen sein. Dieser

Theil wird allerdings rücksichtlich seines Volumens von der Tiefe der Athemzüge abhängen.

Hutchinson (1846) hat in Bezug hierauf folgende Unterscheidungen getroffen.

1. Residual-Luft nennt er dasjenige Luftvolumen, welches nach vollständiger Exspiration noch in den Lungen zurückbleibt. Bei Leichen ist dieselbe nur annähernd bestimmbar: man fängt die Gase der (an der Luftröhre vorher unterbundenen) herausgenommenen Lungen über Wasser auf (Goodwyn). Sie beträgt 1230—1640 Ccmtr.; — Vierordt taxirte sie wohl zu gering auf nur 600 Ccmtr. H. Davy und Gréhant (1860) bestimmten beim Lebenden den Werth in folgender Weise: Nach vorher erfolgter vollständiger Exspiration athmet ein Mensch eine Zeit lang aus einem Gefässe mit einem ganz bestimmten Inhalt H ein und auch darin wieder aus. Kann man annehmen, dass sich die Residualluft mit dem H völlig gemischt hat, so zeigt die procentische Zusammensetzung des Luftgemenges nach stärkster Ausathmung das Quantum der Residualluft an.

2. Reserveluft ist dasjenige Luftvolumen, welches nach einer ruhigen langsamen Exspiration noch nachträglich bei forcirter Ausathmung ausgetrieben werden kann. Es misst 1248—1804 Ccmtr. Auch znr Bestimmung der Reserveluft lässt sich das Verfahren von H. Davy und Gréhant anwenden.

3. Respirationsluft heisst dasjenige Luftvolumen, welches bei ruhiger Athmung eingenommen und ausgegeben wird. Es beträgt dieselbe unter sonstigen gleichen Verhältnissen gegen 507 Ccmtr. (367—699 Ccmtr., Vierordt).

4. Complementärluft nennt Hutchinson dasjenige Luftvolumen, welches auf der Höhe einer ruhigen Inspiration durch unmittelbar sich anschliessende forcirte Einathmung aufgenommen werden kann.

Vitale Capacität.

5. Vitale Capacität wird dasjenige Luftvolumen genannt, welches von der höchsten Inspirations- bis zur tiefsten Exspirationsstellung des Brustkorbes aus den Lungen entweicht. Es beträgt für Engländer im Mittel 3772 Ccmtr.; für Deutsche 3222 (Haeser).

Grösse des normalen Lungenluft-Wechsels.

Daraus folgt also, dass nach einer ruhigen Einathmung die beiden Lungen etwa 3000—3900 Ccmtr. Luft enthalten (1 + 2 + 3), nach einer ruhigen Ausathmung (1 + 2) jedoch 2500—3400 Ccmtr. Hieraus, sowie aus 3. geht hervor, dass mit einem ruhigen Athemzuge ungefähr nur $^1/_6$—$^1/_7$ der Lungenluft dem Bewegungswechsel unterworfen ist.

Macht man während einer Reihe ruhiger Athemzüge eine einmalige H-Inspiration und untersucht, wie lange noch bei weiteren ruhigen Athemzügen das H in der Ausathmung gefunden wird, so findet man gleichfalls, dass nach Verlauf von 6—10 Athemzügen die Lungenluft völlig erneuert (also H-frei) ist. —

Donders nimmt an, dass in dem gesammten Bronchialbaum und der Trachea gegen 500 Ccmtr. Luft enthalten seien.

Bestimmung der vitalen Capacität

Die Bestimmung der vitalen Capacität ist bei Menschen, welche an einer Erkrankung der Brustorgane leiden, für den Arzt von grösster Wichtigkeit. Verdichtungen oder Zerstörungen des Lungengewebes, — Eintritt von Ergüssen, Blut, Luft, Geschwulstmassen in den Thoraxraum, — verminderte Beweglichkeit des Brustkorbes, — Schwäche der Athemmuskeln, — eventuell sogar Vergrösserungen des Herzens oder des Herzbeutels müssen auf das Mass der vitalen Capacität von Einfluss sein.

durch das Spirometer.

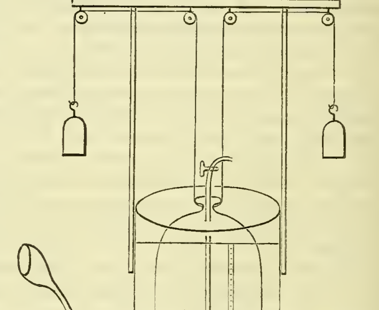
Die Bestimmung der vitalen Capacität geschieht mittelst des Spirometers von Hutchinson.

Durch eine mit einem Mundstücke versehene weite Röhre bläst man (bei geschlossener Nase) die Exspirationsluft in eine über Wasser (durch Gewichte im Gleichgewichte gehaltene) aufgehängte graduirte Glocke. Nach vollendeter Exspiration wird die Röhre geschlossen: die Zunahme der Luft in der Glocke (nachdem sich das innere und äussere Wasser gleich hoch gestellt haben) zeigt die vitale Capacität an. (Zweckmässig ist es, die Temperatur der ausgeathmeten Luft stets bis zu einem gleichen Grade sich abkühlen zu lassen.)

Einflüsse auf die vitale Capacität.

Von den Einflüssen auf die vitale Capacität sind bekannt:

Fig. 51.



Hutchinson's Spirometer.

1. Die Körperlänge (Hutchinson): Bei verschiedener Körpergrösse zwischen 5—6 Fuss (engl.) kommt auf jeden Zoll (engl.) grösserer Körperlänge gegen 130 Ccmtr. Zunahme der vitalen Capacität.

2. Das Rumpfvolumen (C. W. Müller) beträgt im Durchschnitt das siebenfache der vitalen Capacität.

3. Das Körpergewicht: Eine Ueberschreitung des Körpergewichtes um 7% des normalen Mittels hat anfänglich für jedes zunehmende Kilo eine Verminderung der vitalen Capacität um 37 Ccmtr. zur Folge.

4. Das Alter: Das 35. Lebensjahr zeigt das Maximum der vitalen Capacität; von hier aufwärts bis zum 65. Jahr, und abwärts bis zum 15. Jahr ist pro anno 23,4 Ccmtr. abzuziehen.

5. Das Geschlecht: Arnold fand im Mittel bei Männern 3660, bei Weibern 2550 Ccmtr. Ist bei beiden Geschlechtern die Körperlänge und der Brustumfang gleich gross, so verhält sich im Mittel die vitale Capacität der Männer zu der der Weiber wie 10 : 7.

6. Stand und Beschäftigung haben auf die Körperhaltung und die Ernährung und somit auch auf die vitale Capacität entschiedenen Einfluss. Arnold stellte drei Kategorien auf, von denen jede vorhergehende die nachfolgende um 200 Ccmtr. grösserer vitaler Capacität übertrifft: a) Soldaten und Seeleute; — b) Handwerker, Schriftsetzer, Policisten; — c) Arme, Standespersonen und Studenten.

7. Sonstige Einflüsse: Im Stehen und bei leerem Magen ist die vitale Capacität am grössten; sie nimmt ab nach grossen Anstrengungen sowie bei Körperschwäche (Albers); Hochschwangere haben eine grössere vitale Capacität als Neuentbundene (Küchenmeister). Bis zu einem gewissen Grade kann Uebung am Spirometer eine Zunahme bewirken.

115. Zahl der Athemzüge.

Einflüsse auf die Zahl der Athemzüge.

Die Zahl der Athemzüge schwankt bei Erwachsenen zwischen 16—24 in einer Minute (4 Pulse kommen dabei im Mittel auf einen Athemzug). Dabei machen sich mannigfache Einflüsse geltend:

1. Die Körperhaltung: Guy notirte bei Erwachsenen im Liegen 13, — im Sitzen 19, — im Stehen 22 Athemzüge in einer Minute.

2. Das Alter: Quetelet fand bei 300 Individuen die Zahl der Respirationen:

Jahr	Athemzüge	
0	44	im Mittel in einer Minute
5	26	
15—20	20	
20—25	18,7	
25—30	16	
30—50	18,1	

3. Die Thätigkeit. Gorham zählte bei Kindern zwischen 2—4 Jahren im Stehen 32, im Schlafe 24 Athemzüge in einer Minute. — Bei körperlichen Anstrengungen nimmt die Zahl der Athemzüge eher zu, als die der Herzschläge (van Ghert).

116. Die zeitlichen Verhältnisse und der Typus der Athembewegungen.

Ueber die zeitlichen Verhältnisse beim Athmen gibt die Athmungscurve Aufschluss.

Um über die zeitlichen Verhältnisse, in denen sich die Einzelheiten der Athembewegung entwickeln, zuverlässigen Anhalt zu gewinnen, ist es zweckmässig, mit Hilfe registrirender Werkzeuge Athmungscurven zu verzeichnen.

Registrirende Werkzeuge.

Vierordt und Ludwig liessen zuerst die Bewegung einer bestimmten Thoraxstelle auf einen Fühlhebel übertragen, dessen verlängerter Arm als Schreibhebel die Curve auf rotirender Trommel aufzeichnete. — Gleichfalls nach dem Principe des Hebels construirte Riegel (1873) seinen Doppel-Stethographen, zwei Hebelwerke an demselben Stativ zur Anwendung an Kranken der Art bestimmt, dass der eine Hebel an einer Stelle der gesunden Brustseite, der andere an der entsprechenden Stelle der erkrankten applicirt wurde. — (Selbst der Marey'sche Sphygmograph ist, wenn man denselben ausserhalb des Brustkorbes durch ein Stativ frei fixirt, so dass nur die Pelotte der elastischen Feder einer Stelle der Brustwand anliegt, zur Registrirung der Athmungscurven verwendbar.)

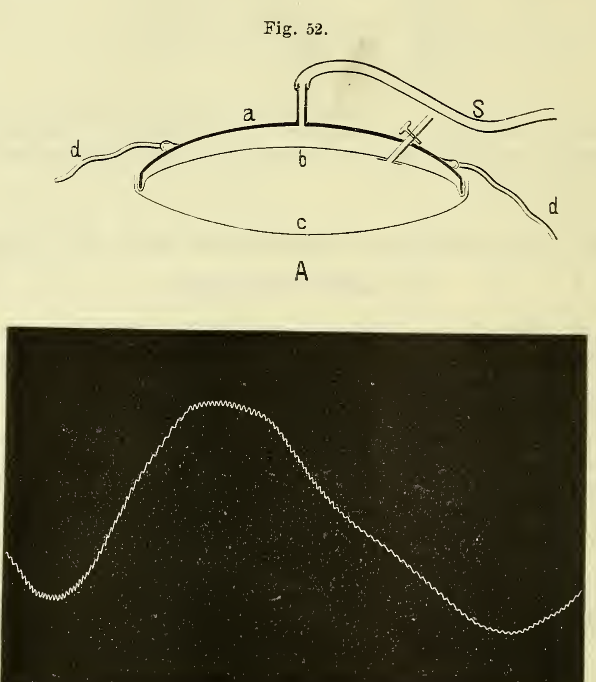
Nach dem Principe der Luftübertragung sind Marey's Pneumograph (1868) und das Luftkissen des Brondgeest'schen Pansphygmographen construirt. Letzteres stellt ein untertassenförmiges Messinggefäss (a) vor, überspannt mit doppelter Kautschukmembran (b c), zwischen deren Blättern so viel Luft befindlich ist, dass sich die äussere Membran hervorwölbt. Diese wird an eine Thoraxstelle gelegt und die Kapsel mit Bändern (d d) um den Brustkorb befestigt. Jede Erweiterung des letzteren presst gegen die Membran, wodurch der Luftraum in der Kapsel comprimirt wird. Dieser steht durch ein Röhrchen nebst Schlauch (S) mit der Registrirtrommel, die in Figur 30 (vgl. 72 pg. 131) abgebildet ist, in Verbindung.

Statt einer Kapsel nimmt Marey ein Stück eines dicken cylindrischen elastischen Schlauches (welches durch ein Röhrchen nebst Schlauch zur Registrirtrommel leitet) und befestigt dasselbe mit Bändern gürtelförmig um die Brust.

Zur Beobachtung der Athembewegungen bei Thieren stach Snellen eine lange Nadel dem auf dem Rücken befestigten Thier senkrecht durch die Bauchdecken bis in die Leber. — Rosenthal construirte einen Fühlhebel, der gegen das Zwerchfell bei geöffneter Bauchhöhle andrückte, um die Bewegungen des letzteren zu registriren (Phrenograph).

E. Hering bringt das aufgespannte Thier in einen luftdicht verschlossenen Kasten, in dessen Wandungen 2 Oeffnungen angebracht sind: die eine enthält ein Rohr, welches durch einen passenden Verbindungsschlauch zu einer in die querdurchschnittene Luftröhre eingebundenen Canüle leitet (durch welche die Athmung ungestört unterhalten wird), in der anderen befindet sich ein mit einem registrirenden Schwimmer versehenes Manometerrohr, gefüllt mit Wasser oder Quecksilber.

Fig. 52.



A Brondgeest's Luftkissen zur Registrirung der Athmungscurven. — B eine Athmungscurve vom Gesunden, zur Bestimmung der zeitlichen Verhältnisse auf schwingender Stimmgabelplatte (1 Schwingung = 0.01613 Sek.) verzeichnet.

Interpretation der Athmungscurve.

Die Curve A ist von einem gesunden Manne mittelst des auf den Processus xiphoideus applicirten Luftkissens des Brondgeest'schen Pansphygmographen auf schwingender Stimmgabelplatte registrirt: Die Inspiration (aufsteigender Schenkel) beginnt mit mässiger Geschwindigkeit, wird weiterhin in der Mitte beschleunigter, um gegen das Ende wieder langsamer zu werden. Die Exspiration beginnt mit mässiger Geschwindigkeit, beschleunigt sich sodann und wird endlich im letzten Theile besonders stark und auffällig verlangsamt, so dass sich die Curve nur allmälig senkt.

Die Inspiration ist kürzer.

Die Inspiration dauert etwas kürzer, als die Exspiration: die Zeiten beider verhalten sich nach Sibson

für den erwachsenen Mann wie 6 : 7; bei Frauen, Kindern und Greisen wie 6 : 8 bis 6 : 9. — Vierordt fand das Verhältniss 10 : 14,1 (bis 24,1). Fälle, in denen In- und Exspiration gleich lang sind, oder in denen gar letztere kürzer ist, kommen nur als Ausnahmen in Betracht.

An verschiedenen Curventheilen werden nicht selten kleine Unregelmässigkeiten beobachtet, welche davon herrühren, dass die Thoraxbewegungen mitunter unter leichten ruckweise erfolgenden Hebungen und Senkungen erfolgen. Mitunter bringt auch ein kräftiger Herzschlag Erschütterungen des Thorax hervor. — Geht das Athemholen ununterbrochen und ruhig weiter, so existirt eine eigentliche Pause (völlige Ruhe des Brustkorbes) meistens nicht (Riegel); mitunter ist der unterste sehr verflachte Theil des Exspirationsschenkels irrthümlich für die Pause gehalten. Willkürlich kann natürlich in jeder Phase der Bewegung eine Pause gemacht werden.

Eigentliche Pausen existiren nicht.

Einige Forscher haben jedoch nicht nur zwischen dem Ende der Exspiration und dem Anfange der nächstfolgenden Inspiration eine Pause (Exspirationspause) angenommen, sondern sogar eine solche auf der der Höhe der Inspiration (Inspirationspause), (letztere immer nur von sehr kurzer Dauer und namentlich erheblich kürzer als die andere).

Bei sehr tiefen aber langsamen Athemzügen wird eine Exspirationspause fast regelmässig beobachtet; dahingegen fehlt sie fast immer bei beschleunigter Athmung. Eine Inspirationspause fehlt unter normalen Verhältnissen stets, dagegen hat man sie unter pathologischen Verhältnissen angetroffen. —

Respirations-Typus.

Mit Hilfe registrirter Curven von verschiedenen Theilen des Thorax kann man auch über den sogenannten „Typus" der Respiration Aufschluss erlangen. Schon Hutchinson wies darauf hin, dass die Frauen vorzugsweise durch Hebung des Brustbeins und der Rippen den Thorax erweitern (Respiratio costalis), während die Männer dies vorzugsweise durch Senkung des Zwerchfells bewirken (Respiratio diaphragmatica s. abdominalis).

Costaler Typus bei Frauen.

Abdominal-Typus bei Männern.

Misst man die Excursionshöhen (an den verzeichneten Curven) vom Manubrium sterni, Corpus sterni, Processus ensiformis, und Epigastrium bei Männern und Weibern, so zeigt sich bei letzteren die Brustbeinbewegung, bei ersteren die epigastrische (durch das Zwerchfell) am ergiebigsten.

Ich füge in folgender Tabelle nach einigen Riegel'schen Untersuchungen die relative Bewegungsgrösse der genannten Punkte bei beiden Geschlechtern an.

Mann	Manubrium sterni	Corpus sterni	Processus ensiformis	Epigastrium	Weib	Manubrium sterni	Corpus sterni	Processus ensiformis	Epigastrium
I	1	1	1,5	4,5	I	1,8	1,1	1	0,73
II	1	1	1,1	6,6	II	1,5	1,2	1	0,63
III	1	1,3	10	12	III	1,4	1,3	1	1,5
IV	1	1,8	3,7	11,4	IV	5	3,1	1	1,9
V	1	1,2	1,5	6,8	V	1,1	1	1	1,6
VI	1	1,1	1,8	7,2	VI	3,8	2,5	1	1,8

Diese durchgreifende Verschiedenheit beider Geschlechter im Typus des costalen und diaphragmatischen Athmens gibt sich jedoch nur bei ruhigem Athemholen kund. Bei tiefer und forcirter Athmung wird bei

Forcirte Athmung verwischt den Typus.

beiden Geschlechtern die Erweiterung des Brustraumes vornehmlich durch starke Erhebung des Brustkorbes und der Rippen bedingt. Man sieht alsdann sogar beim Manne das Epigastrium mitunter eher eingezogen, als hervorgedrängt.

Die Ursachen der Athmungstypen sind zweifelhaft.

Ob der Costaltypus der Weiberathmung herrührt von der Einschnürung der unteren Rippen durch die Schnürleiber (Sibson), — oder ob derselbe als naturgemässe Anlage mit Rücksicht auf die Schwangerschaft, bei welcher ein Abdominalathmen durch Pressung gegen den Uterus hinderlich und schädlich sein könnte, zu betrachten sei (Hutchinson), ist unentschieden. Vielleicht wirken beide Momente. Beobachtungen bei wilden Völkerstämmen würden entscheidend sein. Dass der Unterschied der Typen im Schlafe bei völliger Entkleidung und ebenso bei jungen Kindern noch ersichtlich sei, wird von Einigen bejaht, von Anderen wiederum bestritten. Einige Forscher behaupten, dass der Costaltypus bei Kindern beiderlei Geschlechtes angetroffen werde, und suchen den Grund für denselben überhaupt in einer grösseren Biegsamkeit der Rippen bei Kindern und Weibern, die darum eine ausgiebigere Wirkung der Thoraxmuskeln auf die Rippen zuliesse.

117. Pathologische Abweichungen der Athembewegungen.

Verminderung der Ausdehnung.

I. Veränderungen im Modus der Bewegung. Die Ausdehnung des Thorax kann bei Erkrankungen der Athmungswerkzeuge entweder auf beiden Seiten (bis auf 6 oder 5 Cmtr.) vermindert sein, oder nur auf der einen Seite. Bei der so sehr häufigen Erkrankung der Lungenspitzen (bei der Lungenschwindsucht) ist die subnormale Ausdehnung in den oberen Thoraxpartien beachtenswerth (Haenisch). Ein Einziehen der Thoraxweichtheile und auch des Schwertfortsatzes und der unteren Rippeninsertionen findet sich bei inspiratorischer starker Luftverdünnung im Thorax (etwa bei Verengerungen im Kehlkopfe); lediglich auf die oberen Thoraxpartien beschränkt, deutet diese Erscheinung auf einen unter der einsinkenden Gegend liegenden, wenig ausdehnbaren erkrankten Lungentheil.

Partielle Einziehungen.

Harrison-sche Furche.

Bei Menschen, die an chronischen hochgradigen Athmungsbeschwerden leiden, bei denen zugleich das Zwerchfell energisch thätig ist, prägt sich die Insertion des letzteren als eine vom Schwertfortsatz horizontal nach Aussen verlaufende, durch die bedeutende Anziehung erfolgte, seichte Furche aus (Harrison'sche Furche).

Störungen der normalen Athmungszeiten.

Die Zeit des Inspiriums ist verlängert bei Menschen, die an einer Verengerung der Trachea oder des Larynx leiden; — die des Exspiriums bei solchen, die in Folge von Lungenerweiterung (Emphysem) mit Aufbietung aller Exspirationsmuskeln ausathmen müssen. Beides ist in verzeichneten stethographischen Curven ersichtlich (Riegel).

II. Veränderungen im Rhythmus der Bewegungen. Alle irgendwie erheblichen Störungen am Athmungsapparat bringen eine Vermehrung oder Vertiefung der Athemzüge mit sich, oder beide zugleich. Diese Erscheinung wird Dyspnoe genannt. Die Ursachen der Dyspnoe können sehr verschieden sein: 1. Beschränkung des respiratorischen Gasaustausches im Blute bei a) Verkleinerung der respiratorischen Fläche (Lungenkrankheiten), — b) Verengerung der Luftwege, — c) Verminderung der rothen Blutkörperchen, — d) Störungen des Respirationsmechanismus (Leiden der Respirationsmuskeln und ihrer Nerven, schmerzhafte Affectionen am Thoraxgerüst), — e) Schwäche im Kreislaufe, namentlich Behinderung des kleinen, vornehmlich in Folge verschiedenartiger Herzaffectionen. — 2. Eine fernere Ursache der Vermehrung der Respirationsfrequenz kann belegen sein in fieberhaften Zuständen. Die stärkere Erwärmung des Athmungscentrums in der Medulla oblongata durch das wärmere Fieberblut regt direct die dyspnoetischen Athembewegungen auf 30—60 in 1 Minute an (Wärmedyspnoe). Legt man bei Thieren die Carotiden in heisse Röhren, so erfolgt dieselbe Erscheinung. (A. Fick.) [Das Genauere über Dyspnoe siehe beim Athmungs-Centrum.]

Dyspnoe.

Cheyne-Stoke'sches Athmungs-phänomen.

Eine sehr merkwürdige Veränderung im Rhythmus der Athemzüge liefert das Cheyne-Stokes'sche Respirationsphänomen, welches während der urämischen Intoxication, aber auch bei anderen Leiden, z. B. Fettherz, vorkommt. Hier wechseln Athmungspausen von $^1/_2$—$^3/_4$ Minuten mit Reihen von 20—30 Athemzügen ab, von zusammen ebenfalls $^1/_2$—$^3/_4$ Minuten. Diese Respirationsreihe setzt sich zusammen aus Athemzügen, die erst oberflächlich, dann immer tiefer und dyspnoetisch werden, dann wieder oberflächlicher verlaufen. Nun folgt wieder die Pause. Hein sah das während der Pause erloschene Bewusstsein mit den beginnenden Respirationen regelmässig wieder aufdämmern. Das Phänomen findet sich zumal bei Störung des Kreislaufes im Gehirne. Nach Filehne liegt die Ursache in Folgendem: Nach einer Respirationspause nimmt der O-Gehalt im Gehirne ab, in Folge davon contrahiren sich durch Reizung des vasomotorischen Centrums die Gefässe der Medulla oblongata, die, hierdurch anämisch geworden, die Reihe der dyspnoetischen Athemzüge hervorruft. Die angeregte verstärkte Athmung löst weiterhin wieder durch reichlichere O-Zufuhr die Gefässcontraction; reichlich strömt arterielles Blut zur Medulla oblongata und erregt so die Athmungspause (Apnoe).

118. Uebersicht der Muskelwirkung bei der Inspiration und Exspiration.

A) Inspiration.

I. Bei ruhiger Athmung sind thätig:

1. Das Diaphragma (N. phrenicus).
2. Die 3 Mm. scaleni (ram. musculares des plex. cervicalis et brachialis).
3. Die Mm. levatores costarum longi et breves (ram. posteriores nn. dorsalium).
4. Die Mm. intercostales externi et intercartilaginei (nn. intercostales).

Während des Ruhezustandes scheint der elastische Zug der Lungen den Brustkorb unter Anspannung seiner Elasticität allseitig etwas zusammenzuziehen. Dem entsprechend würde die hierbei angespannte elastische Kraft für den Beginn der Einathmung unterstützend wirken (Hyde Salter).

II. Bei angestrengter Athmung sind thätig:

a) Muskeln am Stamme.

1. M. sternocleidomastoideus (ram. externus n. accessorii).
2. M. trapezius (r. externus n. accessorii et ram. musculares plex. cervicalis).
3. M. pectoralis minor (nn. thoracici anteriores).
4. M. serratus posticus superior (n. dorsalis scapulae).
5. Mm. rhomboidei (n. dorsalis scapulae).
6. Mm. extensores columnae vertebralis (ram. posteriores nervorum dorsalium).

[7. Mm. serratus anticus major (n. thoracicus longus). ? ?]

b) Muskeln des Kehlkopfes.

1. M. sternohyoideus (ram. descendens hypoglossi).
2. M. sternothyreoideus (ram. descendens hypoglossi).
3. M. crico-arytaenoideus posticus (n. laryngeus inferior vagi).
4. M. thyreo-arytaenoideus (n. laryngeus inferior vagi).

c) Muskeln des Gesichtes.

1. M. dilatator narium anterior et posterior (n. facialis).

2. M. levator alae nasi (n. facialis).

3. Die Erweiterung der Mundspalte und Höhle bei der grössten Anstrengung des Athmens („Luftschnappen“) (n. facialis).

d) Muskeln des Rachens.

1. M. levator veli palatini (n. facialis).

2. M. azygos uvulae (n. facialis).

B) Exspiration.

I. Bei ruhiger Athmung

wirken zur Verkleinerung des Thoraxraumes lediglich die Schwere des Brustkorbes, sowie die Elasticität der Lungen, der Rippenknorpel und der Bauchmuskeln.

II. Bei angestrengter Athmung:

1. Die Bauchmuskeln (nn. abdominis interni s. anteriores e nervis intercostalibus 8—12).

2. M. triangularis sterni (nn. intercostales).

3. M. serratus posticus inferior (ram. externi nerv. dorsalium).

4. M. quadratus lumborum (ram. muscular. e plex. lumbal.).

5. Mm. intercostales interni (soweit sie zwischen den Rippenknochen liegen) und Mm. infracostales (nn. intercostales).

Der vorstehenden schematischen Uebersicht lassen wir die nähere Besprechung der einzelnen Muskelwirkungen folgen.

119. Wirkung der einzelnen Athmungsmuskeln.

A. Inspiration. — 1. Das Diaphragma [entspringt mit 6 Portionen von den 6 unteren Rippenknorpeln und dem angrenzenden Knochenbereiche der Rippen (pars costalis), — mit 3 Schenkeln von den 4 oberen Lendenwirbeln (pars lumbalis), und dem proc. ensiformis des Brustbeines (pars sternalis)], stellt eine gegen den Brustraum gewölbte Doppelkuppel dar, in deren grösserer rechtsseitigen Concavität die Leber, in deren kleinerer linksseitigen die Milz und der Magen liegen. In der Ruhe werden diese Eingeweide durch die Elasticität der Bauchdecken und den intraabdominalen Druck so gegen die untere Zwerchfellfläche angedrückt, dass letzteres sich tief in die Thoraxhöhle hineinwölbt, wozu der elastische Zug der Lungen beiträgt. Der Mitteltheil des Zwerchfelles (centrum tendineum) ist oben grösstentheils mit dem Herzbeutel verwachsen. Diese Stelle, auf welcher das Herz ruht, und die von der unteren Hohlvene (foramen quadrilaterum) durchbohrt wird, ragt im ruhenden Zustande wieder mehr gegen den Bauchraum herab und ist an Zwerchfellabgüssen deutlich als die tiefste Stelle des Mitteltheiles zu erkennen.

Wirkung des Zwerchfells.

Bei der Contraction werden die beiden Gewölbekuppeln abgeflacht und der Brustraum wird nach unten hin erweitert. Hierbei gehen vornehmlich die seitlichen musculösen Theile aus dem gewölbten Zustande in einen mehr ebenen über, wobei zugleich bei starker Zusammenziehung die unteren seitlichen Theile, die in der Ruhe der Brustwand unmittelbar anliegen, sich von dieser abheben. An dieser Bewegung nimmt die Mitte des Centrum tendineum, wo das Herz ruht,

(fixirt durch den Herzbeutel und die untere Hohlvene), fast keinen Antheil, woher es kommt, dass dieser Theil bei tiefstem Zwerchfellstande am höchsten gegen den Thoraxraum hinaufragt, wie Zwerchfellabgüsse erkennen lassen.

Bestimmung der Ausdehnungsgrösse durch das Zwerchfell.

Unzweifelhaft nimmt das Zwerchfell an der Thoraxerweiterung den hervorragendsten Antheil. Brücke glaubt sogar, dass das Zwerchfell ausser der Erweiterung von oben nach unten den Thorax auch noch im unteren Theile in transversaler Richtung erweitere: indem es nämlich von oben auf die Eingeweidemasse des Abdomens drücke, suchten diese seitlich auszuweichen und verbreiterten so sich selbst und die anliegende Thoraxwand. — Um einigermassen einen Anhalt über die Grösse der Brusterweiterung durch das Zwerchfell zu erlangen, verfuhr ich in folgender Weise. Bei einem kräftigen, durch Verblutung gestorbenen weiblichen Neugeborenen wurde eine Trachealcanüle eingebunden, hierauf derselbe völlig unter Wasser getaucht und die Lungen wurden aufgeblasen. Aus der Grösse des so verdrängten Wassers wurde annähernd die vitale Capacität bestimmt. Hierauf wurde die Bauchhöhle geöffnet, alle Eingeweide wurden herausgenommen und es wurde zuerst bei nicht aufgeblasenen Lungen (in der Exspirationsstellung) ein Wachsabguss von der unteren Zwerchfellfläche gemacht. Hierauf wurde in die Lungen eine der gefundenen vitalen Capacität gleiche Menge Luft eingebracht, und nachdem die Luftröhre verschlossen, wurde in dieser Stellung abermals ein Zwerchfellabguss gemacht. Die Volumendifferenz dieser Abgüsse wurde bestimmt und es fand sich, dass an der Gesammterweiterung des Thorax sich das Zwerchfell zu 1 Theil betheiligte, während die übrigen Zunahmen der Erweiterung gegen $2^1/_3$ betrugen. Dieser Werth ist selbstverständlich nur ein annähernd richtiger, denn 1. hat das Wegnehmen der Baucheingeweide beim Aufblasen der Lungen ein zu unbehindertes Niedergehen des Zwerchfells zur Folge (das allerdings durch die Ausführung des Wachsabgusses einigermassen compensirt wird), sodann aber wird 2. die untere Wölbung des activ contrahirten Zwerchfelles eine Abweichung in der Form darbieten von dem durch die aufgeblasenen Lungen passiv niedergedrückten. Immerhin steht uns kein anderes Mittel zur Orientirung über die Thoraxerweiterung durch das Zwerchfell zu Gebote.

Werden bei lebenden Thieren die Baucheingeweide hinweggeräumt, so werden bei jeder Zwerchfellcontraction die Rippen nach Innen gezogen (Haller). Dies ist für eine ergiebige Thoraxerweiterung nach unten natürlich hinderlich, daher die Gegenlage der Eingeweide zur normalen Thätigkeit des Diaphragma nöthig erscheint.

Die eminente Wichtigkeit des Zwerchfelles für den Athmungsprocess ergibt sich daraus, dass nach beiderseitiger Phrenicus-Durchscheidung (3. und 4. Ansa cervicalis) der Tod erfolgt (Budge, Eulenkamp). Nach Durchschneidung der Nn. phrenici besonders links sah Schiff ruckweise Contractionen des Zwerchfells isochron mit der Contraction der Herzkammern. Von letzteren geht nämlich der elektrische Reiz ihrer negativen Schwankung auf den Phrenicus über, der dadurch eine Zwerchfellzuckung hervorruft.

Die Rippenheber.

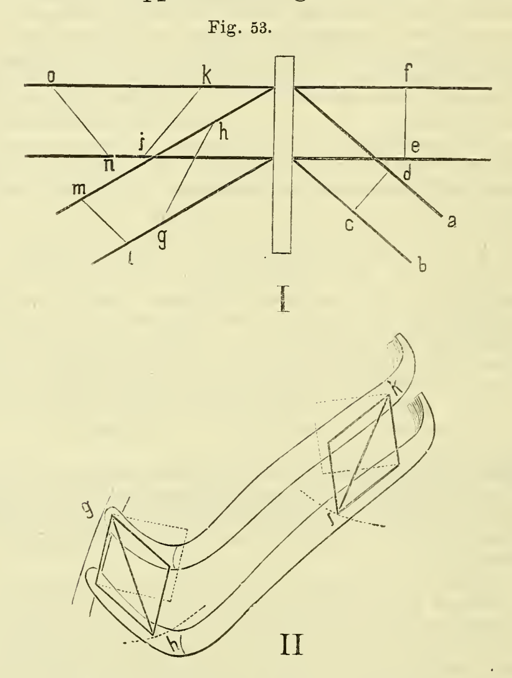
2. Die Rippenheber. Für die Besprechung der Rippenheber muss folgender anatomischer Anhaltspunkt vorausgeschickt werden. An ihrer extremitas vertebralis (die viel höher liegt, als die extremitas sternalis) sind die Rippen durch Gelenke am Köpfchen und Tuberculum an den Wirbelkörpern und Querfortsätzen befestigt. Durch beide Gelenke lässt sich eine horizontale Axe legen, um welche die Rippe eine Drehbewegung aufwärts und abwärts ausführen kann. Verlängert man die Drehaxen je eines Rippenpaares von beiden Seiten, bis sie sich in der Mittellinie schneiden, so entstehen Winkel, die an den oberen Rippen gross (125°), an den unteren kleiner (88°) sind (Volkmann). Durch die Bogenkrümmung jeder Rippe kann man sich eine Fläche gelegt denken, welche im Ruhezustand eine von hinten und innen nach vorn und aussen abschüssige Neigung hat. Dreht sich die Rippe um ihre Drehaxe, so wird die geneigte Ebene mehr zur horizontalen erhoben. Hierdurch wird der Brustraum im queren Durchmesser erweitert. Da die Drehaxen der oberen Rippen mehr

frontal, die der unteren mehr sagittal verlaufen, so bewirkt Hebung der oberen mehr eine Raumerweiterung von hinten nach vorn, die der unteren von innen nach aussen (da die Bewegungen der abwärts geneigten Rippen senkrecht zur Axe erfolgen). Die Knorpel der Sternalenden erleiden bei ihrer Erhebung zugleich eine leichte Torsion, wodurch ihre Elasticität in Anspruch genommen wird.

Erscheinungen am Thorax bei der Inspiration.

Alle direct auf die Wände des Brustkorbes wirkenden Inspirationsmuskeln sind in der Art thätig, dass sie die Rippen erheben. Hierbei gelten folgende Punkte: a) Bei der Erhebung der Rippen werden die Intercostalräume erweitert. — b) Bei der Erhebung der oberen Rippen müssen alle unteren Rippen und zugleich auch das Brustbein

Fig. 53.



Schema der Wirkung der Mm. intercostales.

mit erhoben werden, weil alle Rippen durch die Weichtheile der Intercostalräume mit einander in Verbindung stehen. — c) Bei der Inspiration findet eine Erhebung der Rippen und eine Erweiterung der Intercostalräume statt. (Eine Ausnahme macht die unterste Rippe, die jedoch auch in keiner Weise mehr im Bereiche der eigentlichen Brusthöhle liegt. Diese wird, wenigstens bei tiefen Athemzügen, nicht mit aufwärts, sondern abwärts gezogen.) — d) Erhebt man an einem Thoraxpräparate die Rippen unter Erweiterung der Intercostalräume wie bei einer Inspirationsbewegung, so wird man alle diejenigen Muskeln als Rippenheber betrachten können, deren Ursprung und Ansatz sich einander nähern. Nur

Mm. scaleni, levatores costarum, serratus p. s.

diese würde man also auch als Inspiratoren bezeichnen können. Völlig unbestritten sind in dieser Richtung als Inspiratoren die Scaleni und die Levatores costarum longi et breves, sowie der Serratus posticus superior anerkannt und dürften diese auch die einflussreichsten und wichtigsten auf die Rippen wirkenden Einathmungsmuskeln sein.

Mm. intercostales externi, intercartilaginei.

Von den Mm. intercostales lassen sich jedoch nach diesem Versuche nur die externi und von den interni die Intercartilaginei als Inspiratoren bezeichnen, während der übrige Theil der interni (soweit er von den externi bedeckt wird) sich bei Hebung der Rippen verlängert, bei der Senkung jedoch sich verkürzt. Da nun ein Muskel bei seiner Thätigkeit sich nur verkürzen kann, so hat man den interni eine Thätigkeit bei der Senkung der Rippen (als Exspiratoren) zugesprochen. (Hamberger 1727.)

In Figur 53 I zeigt sich, dass bei Hebung der (wie die Rippen) gesenkten Stäbe a und b der Zwischenraum (Intercostalraum) sich erweitern muss (e f > c d). — An der anderen Seite der Figur ist ersichtlich, dass bei Hebung der Stäbe sich die Linie g h verkürzt (i k < g h; — Richtung der intercostales externi) — l m jedoch sich verlängert (l m < o n; — Richtung der interni). — Figur II zeigt, dass die durch g h angedeuteten Intercartilaginei und durch l k gezeichneten Intercostales externi sich bei Hebung der Rippen verkürzen. Bei Hebung der Rippen würde nämlich die Lage dieser Muskelzüge durch die kürzer gewordene Diagonale der punktirten Rhomben gegeben sein.

Verschiedene Ansichten über die Wirkung der Intercostalmuskeln.

Uralt ist die Streitigkeit über die Wirkung der Intercostalmuskeln: Galenus (131—203 n. Chr.) hielt die externi für Inspiratoren, die interni für Exspiratoren. Hamberger (1727) schloss sich dieser Ansicht an, und bekannte auch noch die Intercartilaginei als Inspiratoren. Haller (Hamberger's entschiedener Gegner) hielt interni und externi beide für Inspiratoren. Vesalius (1540) hielt beide für Exspiratoren. — Ich kann nach reiflicher Abwägung aller Verhältnisse mich ganz unbedingt für keine dieser Anschauungen erklären. Auch mir ist es einleuchtend, dass die externi und intercartilaginei sich füglich nur während der Inspiration, die interni hingegen nur während der Exspiration zusammenziehen können, allein ich sehe bei dieser Bewegung nicht als Haupteffect die Hebung, resp. Senkung der Rippen.

Ich bin vielmehr der Meinung, dass die hauptsächlichste Wirkung der externi und intercartilaginei darin besteht, der inspiratorischen Dehnung der Intercostalräume und dem gleichzeitig verstärkten elastischen Zuge der Lungen ein Gegengewicht zu setzen. Die Wirkung der interni sehe ich darin, bei starker Exspirationsthätigkeit (z. B. Husten) der exspiratorischen Dehnung Widerstand zu leisten. Ohne Muskelgegenwirkung würde auf die Dauer der ununterbrochene Zug und Druck die Intercostalsubstanz so sehr ausdehnen, dass geordnete respiratorische Bewegungen unmöglich sein würden.

Mm. pectoralis minor, serratus ant. maj.

Der Pectoralis minor und (? Serratus anticus major) können zur Hebung der Rippen nur dann mitwirken, wenn die Schultern völlig fixirt sind, theils durch Fixirung der Schultergelenke durch festes Aufstützen der Arme, theils durch die rhomboidei, wie an Athemnoth leidende Personen es instinctmässig ausführen.

3. Auf Brustbein, Schlüsselbein und Wirbelsäule einwirkende Muskeln. — Bei fixirtem Kopfe (durch die Nackenmuskeln) kann der Sternocleidomastoideus durch Emporziehen des Manubrium sterni und der Extremitas sternalis der clavicula den Brustkorb

M. sternocleidomastoideus.

wirksam nach oben hin durch Emporheben erweitern, die Scaleni somit unterstützend. — In ähnlicher Weise, jedoch weniger erfolgreich, kann die Clavicularinsertion des Trapezius thätig sein. — Eine Streckung der Brustwirbelsäule muss eine Erhebung der oberen Rippen und Erweiterung der Intercostalräume zur Folge haben, wodurch die inspiratorische Thätigkeit wesentlich unterstützt wird. Es wird daher bei tiefen Athemzügen unwillkürlich diese Streckung ausgeführt.

M. trapezius. *Streckung der Wirbelsäule.*

Kehlkopf und Gaumen. 4. Bei angestrengter Athmung wird mit jeder Inspiration ein Senken des Kehlkopfes unter Erweiterung der Stimmritze beobachtet. Zugleich wird der Gaumen stark emporgehoben, um dem durch den Mund eintretenden Luftstrome möglichst weiten Weg zu bereiten.

Gesichtsathmen. 5. Im Gesichte prägt sich die forcirte Athmung zuerst durch inspiratorische Erweiterung der Nasenlöcher aus (bei Hufthieren vornehmlich ausgebildet). Bei höchster Athemnoth wird die Mundhöhle unter Senkung des Kiefers allemal inspiratorisch erweitert (Luftschnappen). — Während des Exspiriums erschlaffen die bei 4 und 5 inspiratorisch thätigen Muskeln, es stellt sich daher die Gleichgewichtslage der Ruhe ein, ohne dass es zu einer besonderen der Inspirationsbewegung antagonistisch entgegenwirkenden activen Exspirationsbewegung käme.

Wirkung der Schwere und Elasticität. **B) Exspiration.** — Die ruhige Ausathmung verläuft ohne Muskelwirkung, zunächst lediglich durch die Schwere des Brustkorbes bedingt, der aus seiner erhobenen Stellung in die tiefere Exspirationslage zurückzusinken sich bestrebt. Sodann wirkt die Elasticität verschiedener Theile unterstützend mit. Bei der Erhebung der Rippenknorpel, welche mit einer leichten Drehung ihres unteren Randes von unten nach vorn und oben einhergeht, wird die Elasticität dieser in Anspruch genommen. Sobald daher die inspiratorischen Kräfte nachlassen, sinken die Rippenknorpel in ihre mehr gesenkte und nicht mehr torquirte Exspirationslage zurück. Gleichzeitig zieht die Elasticität der gedehnten Lungen die Thoraxwandungen sowie das Zwerchfell allseitig zusammen. Endlich werden auch die gespannten elastischen Bauchdecken, die namentlich beim Manne eine Dehnung und Hervorwölbung erfahren, beim Nachlass des Zwerchfelldruckes von oben her, wieder in die ungedehnte Ruhelage zurückgehen. (Dass bei umgekehrter Körperlage die Wirkung der Schwere des Thorax wegfällt, dafür jedoch die Schwere der Eingeweide, die auf das Zwerchfell drücken, zur Mitwirkung kommt, leuchtet von selbst ein.)

Bauchmuskeln. Unter den Muskeln, die stets erst bei angestrengter Athmungsthätigkeit zur Verwendung kommen, stehen die Bauchmuskeln oben an. Sie verengern den Bauchraum und drängen somit die Eingeweide gegen das Zwerchfell aufwärts. Bei ihrer gleichzeitigen Wirkung findet im Bereiche ihrer gesammten Ausdehnung eine Verengerung der Abdominalhöhle

statt. — Der Triangularis sterni zieht die inspiratorisch erhobenen Sternalenden der vereinigten Knorpel und Knochen der 3.—6. Rippen abwärts, und der Serratus posticus inferior zieht die vier unteren Rippen abwärts, wobei die übrigen folgen müssen; hierbei kann er durch den Quadratus lumborum, der ein Abwärtsziehen der letzten Rippen bewirken kann, unterstützt werden. Von der exspiratorischen Wirkung der Intercostales interni (soweit sie zwischen den Knochen der Rippen liegen) war bereits die Rede.

M. triangularis sterni. *M. serratus post. inf.* — *quadratus lumborum.*

Bei aufrechter Stellung und fixirter Wirbelsäule hat eine tiefe Ein- und Ausathmung natürlich eine Verschiebung des Körpergleichgewichtes zur Folge, indem bei der Einathmung durch Hervortreten der Brust- und Bauchwand der Schwerpunkt etwas nach vorn rückt. Es wird dementsprechend unwillkürlich bei jeder Athembewegung ein Balanciren des Körpers stattfinden müssen. Bei sehr tiefer Inspiration bewirkt die Streckung der Wirbelsäule und das damit verbundene Zurückweichen des Kopfes eine Compensation für die Hervorwölbung der vorderen Rumpfwände.

120. Massverhältnisse und Ausdehnungsgrösse des Thorax,

respiratorische Verschiebung der Lungen in der Brusthöhle.

Es ist für den Arzt von grosser Wichtigkeit die Thoraxdimensionen, sowie die Ausdehnungsgrössen desselben nach verschiedenen Richtungen hin zu kennen. Bei der Einathmung wird der Thorax in allen Durchmessern erweitert. Die Durchmesser des Thorax werden mit dem Tasterzirkel, der Umfang wird mit dem Centimeter-Messband bestimmt.

Oberer und unterer Brustumfang.

Bei starken Männern ist der obere Brustumfang (dicht unter den Armen) 88 Cmtr., bei Weibern 82 Cmtr.; — der untere (in der Höhe des Schwertfortsatzes) 82 Cmtr., und 78 Cmtr. Bei wagerechter Stellung der Arme beträgt der Umfang bei ruhiger mässiger Exspirationsstellung dicht unter den Brustwarzen und den Schulterblattwinkeln die halbe Körperlänge: bei Männern 82, bei tiefster Inspiration 89 Cmtr. In der Höhe des Schwertfortsatzes ist der Umfang um 6 Cmtr. geringer. Bei Greisen ist der obere Brustumfang vermindert, so dass der untere weiter als jener ist. (Meist ist die rechte Thoraxhälfte, wohl wegen der stärkeren Muskelentwickelung, um etwas umfangreicher.) — Der Längendurchmesser des Brustkorbes (von der Clavicula bis zum untersten Rippenrand) ist ein sehr wechselnder.

Länge des Thorax.

Der Transversaldurchmesser (Abstand beider Seitenflächen von einander) ist bei Männern oben und unten 25—26 Cmtr., bei Weibern 23—24 Cmtr.; in der Höhe oberhalb der Brustwarze ist er 1 Cmtr. grösser. — Der sagittale Durchmesser (Abstand der vorderen Brustbeinfläche von der Spitze eines Processus spinosus) ist in der oberen Thoraxpartie 17, in der unteren 19 Cmtr. — Valentin fand, dass bei tiefster Inspiration bei Männern sich der Brustkorb in der Circumferenz in der Höhe der Herzgrube um $^1/_{12}$ bis $^1/_7$ ausdehne, in der Höhe der Brustwarzen bestimmte Sibson diese Zunahme auf $^1/_{10}$.

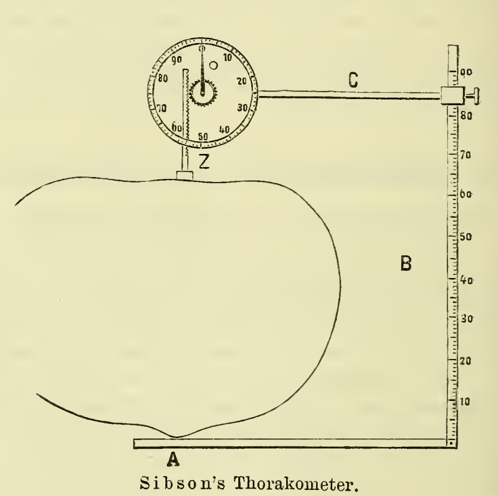
Sibson's Thorakometer.

Um direct Aufschluss zu erlangen über den Grad der Bewegung (Hebung oder Senkung), den ein bestimmter Thoraxtheil bei der Respiration vollführt, sind verschiedene Instrumente angegeben: das Thorakometer von Sibson misst die Erhebung der einzelnen Stellen des Sternums. Dasselbe besteht aus zwei rechtwinkelig zu einander gestellten Metallstäben, von denen der eine A auf die Wirbelsäule gelegt wird. An B ist der Arm C verschiebbar, der an seinem Ende die senkrecht abwärts gerichtete, niederfedernde Zahnstange (Z) trägt. Letztere hat unten eine Pelotte, welche der zu untersuchenden Stelle des Sternums aufgelegt wird. Die Zahnstange treibt an einem Rädchen einen Zeiger (o), der die Excursionen in vergrössertem Massstabe angibt.

Woillez' Cyrtometer.

Recht brauchbar ist das Cyrtometer von Woillez: eine Messkette aus straffbeweglichen Gliedern wird der Thoraxoberfläche in einer bestimmten Richtung angedrückt, z. B. transversal in der Höhe der Herzgrube oder der Brustwarzen, oder senkrecht vorn durch die Mammillar- oder Axillarlinie. An zwei Stellen sind leicht bewegliche Glieder, die ein Abnehmen der Messkette gestatten, so dass sie im Ganzen doch die Form beibehält.

Fig. 54.



Sibson's Thorakometer.

Auf einem Bogen Papier umzieht man die innere Begrenzung des Instrumentes und erhält so die Thoraxform. Legt man das Werkzeug zuerst im exspiratorischen, dann im inspiratorischen Zustande an, so gewinnt man im Aufriss direct das Mass für die Bewegung an den einzelnen Thoraxstellen.

Lungengrenzen.

Ueber die Ausdehnung und Grösse der ruhenden Lungen an der vorderen Thoraxfläche gibt uns bereits Figur 19 (pg. 102) vollkommenen Aufschluss: Die schattirten Grenzen L L deuten die Lungenränder, die punktirten Linien PP die Ausdehnung der Pleura parietalis (Grenzen der Pleurahöhle) an. An Lebenden unterrichtet man sich über die Ausdehnung der Lungen durch die Percussion, d. h. durch Anschlagen mittelst eines gepolsterten Hämmerchens (Percussionshammer) gegen die Brustwand (auf ein untergelegtes dünnes Hornplättchen: Plessimeter). Ueberall wo lufthaltige Lungensubstanz der Brustwand anliegt, ertönt ein Schall, wie beim Anschlagen eines luftgefüllten Fasses („voller [lauter] Percussionsschall"), wo luftleere Theile anliegen, tritt ein Schall auf, wie wenn man auf den Schenkel klopft („leerer [dumpfer] Percussionsschall"); sind die lufthaltigen Theile nur sehr dünn, oder theilweise der Luft beraubt, so wird der Schall „gedämpft".

Percussion.

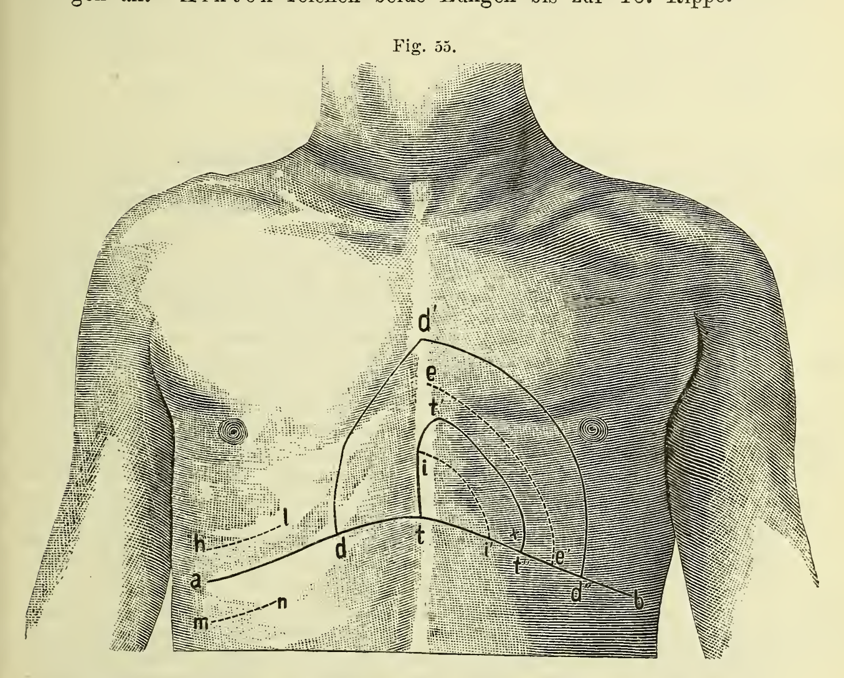
Figur 55 in Verbindung mit Figur 19 gibt uns über die Aus-

dehnungsverhältnisse an der vorderen Brustfläche Auskunft. Die Spitzen der Lungen überragen 3—5 Cmtr. die Claviculae an der vorderen, an der hinteren Thoraxseite die Spinae scapulae bis zur Höhe des 7. Processus spinosus. Der untere Lungenrand reicht in der Ruhelage des Thorax am rechten Brustbeinrande bis gegen den Ansatz der 6. Rippe, senkrecht unter der rechten Brustwarze bis fast zum oberen Rande der 6. Rippe, in der Axillarlinie bis zum oberen Rand der 7. Rippe. — Links reicht (abgesehen von der Lage des Herzens) die untere Lungengrenze vorn gleichweit abwärts. In Figur 55 zeigt die Linie a t b die untere Grenze der ruhenden Lungen an. Hinten reichen beide Lungen bis zur 10. Rippe.

Lungenspitzen.

Unterer Lungenrand.

Fig. 55.



Topographie der Lungen- und Herz-Grenzen bei der In- und Exspiration nach von Dusch.

Während einer möglichst tiefen Einathmung steigen nun die Lungen vorn über die 6. Rippe abwärts bis zur 7. nieder; hinten bis zur 11. Rippe (wobei sich das Zwerchfell von der Thoraxwand abhebt). Bei stärkster Exspiration rücken die unteren Lungenränder fast ebenso hoch empor, als sie bei der Inspiration sanken. (In Figur 55 zeigt m n die Grenze des rechten Lungenrandes bei tiefer Inspiration, h l bei tiefer Exspiration.)

Respiratorische Verschiebung der Lungenränder.

Besondere Beobachtung verdient die Lage des linken Lungenrandes zum Herzen. In Figur 19 ist die fast dreieckige Stelle von der Mitte des Ansatzes der 4. Rippe bis zur 6. Rippe links vom

Bereich der Herzdämpfung bei der In- und Exspiration.

Sternum sichtbar, an welcher das Herz bei ruhendem Thorax der Brustwand direct anliegt. In diesem Bereiche, welchem das Dreieck t t¹ t¹¹ in Figur 55 entspricht, zeigt die Percussion die Herzleere, d. h. hier herrscht völlig leerer Percussions- („Schenkel-") Schall.

Im Bereiche des grösseren Dreieckes d d¹ d¹¹ innerhalb welches nur relativ dünne Lungenmassen das Herz von der Brustwand trennen (vgl. Figur 19), ist bei der Percussion „gedämpfter" Schall zu hören. Erst nach aussen davon ist völlig „voller", sog. „Lungenschall". Bei tiefer Inspiration schiebt sich nun der innere Rand der linken Lunge völlig über das Herz bis zur Insertion des Mediastinums (vgl. Figur 19), wodurch die „Leere" bis auf das kleine Dreieck t i i¹ eingeengt wird. Umgekehrt weicht bei sehr vollkommenem Exspirium der Lungenrand so weit zurück, dass die Herzleere den Raum t e e¹ umfasst.

121. Pathologische Abweichungen

von den normalen Schallverhältnissen am Brustkorbe.

Abnorme Dämpfung. Im Bereiche der Lungen wird der sonst voll oder laut erklingende Percussionsschall gedämpft, wenn entweder die Lungen in geringerer oder grösserer Ausdehnung ihren normalen Luftgehalt durch Infiltration verloren haben (eine 4 □Cmtr. grosse an der Lungenoberfläche liegende luftleere Stelle gibt bereits gedämpften Schall), oder wenn sie von aussen zusammengedrückt sind. *Lauter.* Dünnheit der Brustwandungen bei mageren Individuen, namentlich aber auch sehr tiefe Inspiration und die dauernde Erweiterung der Lungen bei Emphysematikern machen den Percussionsschall voller oder lauter.

hoher und tiefer Schall. An dem Percussionsschall ist weiterhin die Höhe oder Tiefe zu berücksichtigen, welche abhängig ist von dem grösseren oder geringeren Spannungsgrade des elastischen Lungengewebes und namentlich der elastischen Thoraxwand. Da die Inspiration dieselben steigert, die Exspiration vermindert, so wird man schon in diesen physiologischen Zuständen einen Unterschied in der Höhe und Tiefe des Schalles erkennen müssen. Affectionen der Lungen, welche deren normale Spannungsgrade herabsetzen, bewirken eine Vertiefung des Schalles (Traube).

Tympanitischer Schall. Tympanitisch wird der Percussionsschall genannt, wenn er ein einem musikalischen Klange sich näherndes trommelschlagartiges Timbre annimmt mit unterscheidbarer Höhe und Tiefe. Legt man einen hohlen Gummiball an sein Ohr und klopft mit dem Finger gegen denselben, so erklingt exquisit tympanitischer Schall, und zwar um so höher, je kleiner der Durchmesser der Hohlkugel ist. Auch das Anschlagen der Luftröhre am Halse gibt stets tympanitischen Ton. Der tympanitische Schall am Brustkorbe ist stets pathologischen Ursprunges, und zwar findet man denselben bei Cavernen innerhalb der Lungensubstanz (hier wird beim Schliessen des Mundes, und noch mehr des Mundes und der Nase zugleich der Ton tiefer), bei Vorhandensein von Luft in einem Pleuraraume, sowie bei Zuständen herabgesetzter Spannung des Lungengewebes. Dem tympanitischen Schalle steht der metallisch nachklingende nahe, der in grossen pathologischen Lungenhöhlen, sowie im lufthaltigen Pleuraraume entsteht, wenn die Bedingungen für eine mehr gleichmässige Reflexion der Schallwellen innerhalb derselben gegeben sind. — Meist bei Höhlenbildung im oberen vordereren Lungenbereich entweicht mitunter beim Percussionsschlage die Luft unter einem eigenthümlich klirrendzischenden Geräusche, das man als das Geräusch des gesprungenen Topfes oder das Münzenklirren bezeichnet hat.

Beim Ausführen der Percussion kann man vermittelst des Tastgefühles zugleich die Wahrnehmung machen, ob das unter der angeschlagenen Fläche liegende Medium das Gefühl eines grösseren oder geringeren Widerstandes dem Schlage gegenüber erkennen lässt, oder einer bedeutenderen oder geringen Schwingungsfähigkeit. Unter normalen Verhältnissen haben schon ein stärkerer Knochenbau des Thorax, dicke Weichtheile, straffe Musculatur geringere Schwingungsfähigkeit zur Folge. Pathologisch kommt dieselbe stets mit Luftleere der Lunge gepaart, mit dumpfem Schalle vereinigt vor. Verminderung des Widerstandsgefühles bei der Percussion ist bei zartem Brustkorbe normal zu finden, pathologisch bei grosser Luftentwickelung unter der Brustwand, also bei Pneumothorax und bei abnormer Erweiterung der Lungen durch Luft.

Widerstand bei der Percussion.

Setzt man auf die Thoraxwand den Stiel einer angeschlagenen Stimmgabel, so hört man dieselbe über lufthaltigen Stellen laut erklingen, über Stellen mit vermindertem oder fehlendem Gehalte jedoch abgeschwächt (Phonometrie von Baas).

122. Die normalen Athmungsgeräusche.

Vesiculäres Athmen.

Legt man direct das Ohr an die Brustwand, oder behorcht man dieselbe mit dem Hörrohr (Stethoskop), so vernimmt man und zwar nur bei der Inspiration im ganzen Bereiche der anliegenden Lungen das „vesiculäre“ Athmungsgeräusch. Man kann den Schallcharakter desselben nachahmen, wenn man die Mundspalte wie beim Schlürfen stellt und nun mässig stark ein- und ausathmend zwischen f und w leise ansprechen lässt. Es ist ein schlürfendes, säuselnd-zischendes Geräusch. Seine Entstehung soll es der plötzlichen Ausdehnung der Lungenbläschen (daher „vesiculär“ genannt) durch die inspiratorisch eintretende Luft verdanken und der Reibung des Luftstromes bei seinem Eintritte in die Alveolen.

Das Geräusch tritt bald mit weicherem, bald mit schärferem Charakter auf; letzteres ist constant bei Kindern bis zum 12. Jahre. Das Geräusch ist hier schärfer, weil die Luft beim Eintritte in die um $^1/_3$ engeren Lungeninfundibula eine stärkere Reibung erfährt. (Das durch die Herzverkleinerung bei der Systole in der Umgebung des Herzens hörbare „kardiopneumatische“ Geräusch hat ebenfalls einen vesiculären Charakter; — siehe dieses.) — Während der Exspiration veranlasst die entweichende Luft in den Lungenzellen schwaches hauchendes Geräusch von einer unbestimmten aber weichen Klangfärbung.

Bronchiales oder Röhrenathmen.

Innerhalb der grösseren Luftröhren (Larynx, Trachea, Bronchi) entsteht bei dem In- und Exspirationsstrome der Luft ein lautes, wie ein scharfes h oder ch schallendes Geräusch, das „bronchiale“ (laryngeale, tracheale oder Röhren-) Athmen. Ausser am Halse (Kehlkopf und Luftröhre) hört man es zwischen den beiden Schulterblättern in der Höhe des 4. Brustwirbels (Bifurcationsstelle), und zwar sowohl exspiratorisch, als auch rechts (wegen des grösseren Calibers des rechten Bronchus) etwas stärker.

An allen übrigen Stellen des Thorax verdeckt das vesiculäre Athmungsgeräusch das Röhrenathmen. Sind jedoch die Lungenbläschen ihres Luftgehaltes beraubt, so tritt das bronchiale Athmen deutlich hervor. Es ist behauptet worden, dass wenn man am Halse lufthaltige Thierlunge über den Kehlkopf oder die Luftröhre lege, das dort vorkommende Bronchialathmen vesiculär würde. Dann müsste das vesiculäre Athmen so entstanden gedacht werden, dass das Röhren-Athmen durch die Leitung durch die Lungenbläschen hindurch geschwächt und akustisch verändert werde (Baas, Penzoldt). An der Mund- und Nasenöffnung entstehen bei der verstärkten Athmung oftmals säuselnde Geräusche, denen sich nicht selten beim Mundathmen der Eigenton der so angeblasenen Mundhöhle (mit einem mehr oder weniger deutlichen Vocalklange: meist A) beimischt.

123. Pathologische Geräusche der Athmungsapparate.

Abnormes Bronchialathmen.

1. Das bronchiale Athmen entsteht im ganzen Bereiche der Lungen dann, wenn entweder die Luftbläschen luftleer geworden sind, durch Erguss von flüssigen oder festen Bestandtheilen, oder wenn die Lungen von aussen comprimirt werden. In beiden Fällen erlischt das vesiculäre Athmen und die verdichtete Lungensubstanz leitet das Röhrenathmen in den grossen Bronchien bis zur Thoraxwand hin. Auch innerhalb pathologischer grösserer Hohlräume der Lungen, die mit einem grösseren Bronchus communiciren, wird es vernommen, falls diese hinreichend nahe der Thoraxwand liegen und ihre Wandungen ziemliche Resistenz haben.

Amphorisches Athmen.

2. Das amphorische Athmungsgeräusch, welches sich vergleichen lässt mit demjenigen, welches entsteht, wenn eine Flasche angeblasen wird, entsteht entweder, wenn in der Lunge eine mindestens faustgrosse pathologische Höhle sich findet, die beim Luftwechsel angeblasen wird, so dass in ihr das charakteristische Geräusch mit eigenthümlich metallisch klingendem Nachklang sich bildet. Oder wenn neben einer theilweise noch lufthaltigen und ausdehnungsfähigen Lunge sich Luft im Pleuraraum befindet, gibt diese letztere durch Resonanz, gleichzeitig mit dem Luftwechsel in der Lunge, das amphorische Geräusch.

Saccadirtes Athmen.

3. Findet die Luft auf ihrem Wege Widerstände in den Lungen, so kann dies je nach der Natur des Widerstandes verschiedene Phänomene erzeugen. a) Mitunter werden die Lungentheile nicht in einem Zuge, sondern absatzweise mit Luft gefüllt, wenn (namentlich in den Lungenspitzen) theilweise Schwellung der Röhrenwände oder Infiltration der Lungenalveolen den stetigen Luftwechsel erschweren. Das „saccadirte“ Athmungsgeräusch ist die Folge davon. Mitunter wird ein ähnliches absatzweise erfolgendes Athmungsgeräusch auch gehört bei völlig gesunden Lungen, wenn die Muskeln des Brustkorbes unter Zittern oder Absätzen sich contrahiren. — b) Ist ein zu einem pathologischen Hohlraum der Lunge führender Bronchus der Art verengt, dass die Luft in demselben vorübergehend Widerstände erfährt, so pflegt der erste Theil der Inspiration scharf inspiratorisch G-artig zu lauten, geht dann aber für die Dauer der letzten $^2/_3$ der Inspiration in ein bronchiales oder amphorisches Geräusch über. Dieses nennt man „metamorphosirendes“ Geräusch (Seitz). c) Wenn in grösseren Luftcanälen die Luft in dem Schleime Blasenspringen erzeugt, so entstehen „Rasselgeräusche“. In den kleinen Lufträumen entstehen sie, wenn die Wandungen derselben bei der Inspiration sich entweder von vorhandenem flüssigen Inhalte abheben, oder wenn sie aneinanderliegend sich plötzlich von einander trennen. Man unterscheidet feuchte

Metamorphosirendes Athmen. Rasseln.

(in wässerigem Inhalte) oder trockene (in zähklebrigem Inhalte entstehende) Rasselgeräusche, — ferner inspiratorische oder exspiratorische oder continuirliche, — ferner grossblasiges, kleinblasiges, ungleichblasiges Rasseln und das sehr hohe Knisterrasseln, endlich das in grossen Höhlen durch Resonanz erzeugte metallisch klingende Rasseln. — d) Wenn die Schleimhaut der Bronchien stark geschwellt oder mit Schleim so belegt ist, dass die Luft sich hindurchzwängen muss, so entsteht nicht selten in den grossen Luftcanälen ein tief summendes Schnurren (Rhonchi sonori), in den kleinen ein hellpfeifendes Geräusch (Rhonchi sibilantes). Bei ausgedehnten Bronchialkatarrhen fühlt man nicht selten die Brustwand durch die Rasselgeräusche erzittern (Bronchialfremitus).

Rhonchi.

4. Tragen die Athmungsgeräusche keinen deutlich ausgesprochenen Charakter, so dass sie namentlich zwischen dem vesiculären und bronchialen Athmen in Uebergängen schwanken, so nennt man dieselben „unbestimmte Athmungsgeräusche. Nicht selten kann durch tiefe Athemzüge oder durch Auswerfen schleimiger Massen nach dem Husten der Charakter des Geräusches bestimmter hervortreten.

Unbestimmtes Athmen.

5. Befindet sich in einer Pleurahöhle bei zusammengesunkener Lunge Luft und Flüssigkeit zusammen, so hört man bei lebhaften Schwankungen und Bewegung des Thorax ein Geräusch, wie wenn Wasser und Luft in einer geräumigen Flasche geschüttelt wird (das Succussionsgeräusch) (Hippocrates). In viel selteneren Fällen und mit höherer Klangart vernimmt man dasselbe Geräusch bei derselben Bewegung innerhalb faustgrosser Lungencavernen.

Succussions-Geräusch.

6. Wenn die aneinanderliegenden Blätter der Pleura durch entzündliche Zustände weich geworden sind, so verursachen sie, indem sie bei den Athembewegungen sich über einander verschieben, ein Reibephänomen, das theils gefühlt (oft von dem Befallenen selbst), theils gehört wird. Meist ist es knarrend, dem Geräusche beim Biegen neuen Leders vergleichbar.

Reibegeräusche.

7. Beim lauten Sprechen oder Singen wird die Wand des Brustkorkes miterschüttert (Pectoralfremitus), weil die Schwingungen der Stimmbänder sich durch die ganze Bronchialverzweigung fortpflanzen. Die Erschütterung ist natürlich im Bereiche der Luftröhre und der grossen Luftcanäle am stärksten. Das aufgelegte Ohr vernimmt von der Stimme nur ein unverständliches Summen. Befinden sich grosse Ergüsse im Pleuraraume oder Ansammlung von Luft, oder verstopfen reichliche Schleimmassen die Bronchien, so wird der Pectoralfremitus geschwächt oder gar aufgehoben.

Pectoralfremitus.

Dahingegen haben alle Momente, welche bronchiales Athmungsgeräusch verursachen, eine Verstärkung des Pectoralfremitus zur Folge. Verstärkt wird er daher auch an jenen Stellen unter normalen Verhältnissen gehört, wo auch beim Gesunden bronchiales Athmen herrscht. Das aufgelegte Ohr hört in diesen Fällen eine wahrnehmbar verstärkte Schallleitung bis zur Brustwand dringen, letztere wird Bronchophonie genannt. Werden durch Ergüsse im Pleuraraum oder durch entzündliche Processe im Lungengewebe die Bronchien platt gedrückt, so nimmt der Stimmklang am Brustkorbe nicht selten ein eigenthümlich meckerndes Timbre an (Aegophonie), das physikalisch noch nicht genau in seiner Ursache eruirt ist. Es ist mir nicht zweifelhaft, dass man vermittelst der empfindlichen Flamme und des aufgesetzten Mikrophones die Nuancen des verstärkten oder geschwächten Pectoralfremitus sehr gut wird nachweisen können. Es würde hierzu für erstere ein Werkzeug ähnlich dem Gassphygmoskop, noch besser ein ähnliches mit trichterförmig unten erweitertem aufgesetzten Theile anzuwenden sein.

Bronchophonie.

Aegophonie.

124. Druckverhältnisse in den Luftwegen bei der Athmung.

Setzt man bei Thieren mit einer seitlichen Trachealöffnung ein Manometer in Verbindung, während die Athmung im Uebrigen völlig ungehindert bleibt, so zeigt sich bei jeder Einathmung eine negative (— 3 Mm. Quecksilber), bei jeder Ausathmung eine positive Druck-

schwankung (Donders). Bei Menschen mit Trachealfisteln (nach Operationen) sind diese Versuche bis jetzt nicht zur Anwendung gebracht. Dahingegen hat Donders den Versuch in der Weise brauchbar modificirt, dass er bei Verschluss der Mundhöhle das U-förmige Manometerrohr in ein Nasenloch einsetzte, bei Offenhalten des anderen, und nun ruhig in- und exspirirte.

Druck bei ruhigem Athmen.

Donders fand, dass bei jeder ruhigen Inspiration das Quecksilber einen negativen Druck von 1 Mm. Quecksilber zeigte, bei jeder Exspiration einen positiven von 2—3 Mm. Quecksilber.

Sobald die Athmungsluft mit grösserer Gewalt ein- und ausgetrieben wird, nehmen die Druckschwankungen grössere Dimensionen an, namentlich auch beim Sprechen, Singen und Husten. — Es ist einleuchtend, dass die grössten Druckdifferenzen entstehen müssen, wenn bei geschlossener Mund- und der einen Nasenöffnung das Manometer allein nur mit dem Respirationscanale communicirt, und nun möglichst energisch in- und exspirirt wird. Dieser geleistete grösste Inspirationsdruck beträgt — 57 Mm. (36—74), der stärkste Exspirationsdruck + 87 (82—100) Mm. Quecksilber (Donders). Der forcirte Exspirationsdruck ist also 30 Mm. grösser, als der Inspirationsdruck.

Druck bei forcirtem Athmen.

Trotzdem darf nicht direct geschlossen werden, dass die Ausathmungsmuskeln kräftiger wirken, als die Einathmungsmuskeln, denn es müssen bei der Einathmung eine Reihe von Widerständen überwunden werden, so dass nach Ueberwältigung dieser nur noch ein geringerer Kraftaufwand für die Aspiration des Quecksilbers übrig bleibt. Diese von den Inspirationsmuskeln zu überwindenden Widerstände sind: 1. der elastische Zug der Lungen, der bei völliger Exspirationsstellung 6 Mm., bei höchster Inspiration jedoch 30 Mm. Quecksilber beträgt; — 2. die Emporhebung des Gewichtes des Thorax; — 3. die elastische Torsion der Rippenknorpel, und 4. das Niederpressen per Baucheingeweide und die elastische Dehnung der Bauchwandungen. — Alle diese nicht unerheblichen Widerstände, welche die Inspirationsmuskeln zu überwinden haben, wirken umgekehrt bei der Ausathmung unterstützend für die Exspirationsmuskeln. Mit Rücksicht hierauf kann es keinem Zweifel unterworfen sein, dass die gesammte zu leistende Kraft aller Inspiratoren entschieden grösser ist, als die aller Exspiratoren.

Bei der Inspiration zu überwältigende Widerstände.

Die Inspirationskraft überwiegt die der Exspiration.

Der grösste geleistete In- und Exspirationsdruck erscheint dem Blutdruck in den grossen Schlagadern gegenüber immerhin nur klein; berechnet man jedoch die gefundenen Druckwerthe der Athmung für die gesammte Flächenausdehnung des Thorax, so ergeben sich immerhin höchst erhebliche Leistungen.

Waldenburg's Pneumatometer.

Ein hinreichend weites U-förmiges mit Quecksilber gefülltes Manometerrohr (an einem Stative), dessen einer am Ende horizontal gebogener Arm durch ein Kautschukrohr mit passendem Ansatzstück zur Einfügung in ein Nasenloch oder in die Mundöffnung versehen ist, kann bei Kranken benützt werden, um die Leistungsfähigkeit ihrer Muskeln bei den Athembewegungen zu messen (Pneumatometer von Waldenburg). Unter krankhaften Verhältnissen sieht man entweder blos den Inspirationsdruck abnehmen (bei fast allen Krankheiten, welche die Ausdehnung der Lungen erschweren), oder blos den Exspirationsdruck sinken (bei Lungenerweiterung und Asthma), oder beide sind schwächer, wie bei hinfälligen, schlaffen Individuen.

125. Anhang zur Mechanik der Athembewegungen.

Bei ruhiger Athembewegung und gereinigter Nase wird in der Regel mit geschlossenem Munde geathmet. Der Luftstrom streicht durch das Cavum pharyngonasale, derselbe wird auf diesem Wege 1. beim Inspirium vorgewärmt und angefeuchtet, damit nicht etwa eisigkalte und trockene Luft die zarte Lungeninnenfläche zu sehr reize. An den unregelmässigen Wandungen dieses Weges können 2. kleine Staubpartikel in dem schleimigen Ueberzuge haften bleiben, um durch das Wimperepithel wieder nach aussen befördert zu werden. Ueberdies wird 3. durch den Geruchsinn schlechte und von schädlichen Beimengungen geschwängerte Luft erkannt.

Function der Nasenhöhle beim Athmen.

126. Eigenthümliche abweichende Athembewegungen.

Bei Besprechung des Athmungsmechanismus dürfen eine Anzahl charakteristischer theils unwillkürlich, theils willkürlich hervortretender Abweichungen der Athembewegungen nicht übergangen werden, denen man auch wohl den nicht passenden Namen der „abnormen" Respirationsbewegungen beigelegt hat.

1. Husten: Plötzlicher heftiger Exspirationsstoss nach vorheriger tiefer Einathmung und Glottisschluss, wobei die Stimmritze gesprengt wird und vorhandene, die Respirationsschleimhaut berührende, feste, flüssige oder gasförmige Substanzen hinausgeschleudert werden. Das Gaumenthor ist geöffnet. Willkürlich oder reflectorisch hervorgerufen, im letzteren Falle durch den Willen nur bis zu einem gewissen Grade beherrschbar.

2. Räuspern: Im längeren Zuge wird ein Exspirationsstrom durch den engen Raum zwischen Zungenwurzel und dem niedergezogenen weichen Gaumen hindurch getrieben zur Wegbeförderung von Fremdkörpern. Beim stossweise vollführten Räuspern ist gleichzeitige Sprengung der geschlossenen Stimmritze vorhanden (leichter willkürlicher Husten). Erfolgt nur willkürlich.

3. Niesen: Plötzlicher heftiger Exspirationsstoss durch die Nase zur Hinausschleuderung von Schleim oder Fremdkörpern (selten auch bei geöffnetem Munde) nach voraufgegangener einfacher, oder wiederholter krampfartiger Inspiration; die Glottis stets weit geöffnet. Nur reflectorisch durch Reizung der sensiblen Nasennerven erregt, — oder durch plötzlichen Blick in's Helle (Cassius Felix 97 n. Chr.). Durch Erregung sensibler Nerven (Nasenreiben) lässt sich der Reflex einigermassen unterdrücken. Gewohnheitsmässiger Gebrauch von Nasenreizen (Schnupfer) stumpft die sensiblen Nerven gegen die Reflexerregung ab.

4. Schnauben und Schneuzen. (Aufschnauben, Schnüffeln.) Laut hörbare forcirte Athmung durch die Nase wird als Schnauben bezeichnet. — Schneuzen ist das geräuschvolle durch die, entweder durch die Nasen- und Oberlippenmuskeln, oder durch die Finger verengte, Nasenöffnungen bewirkte Hindurchzwängen kräftiger Exspirationsstösse zur Entfernung von Fremdkörpern oder Schleim. — Aufschnauben ist die inspiratorische meist geräuschvolle Aufnahme von Substanzen, oft unter Verengerung der Nasenöffnungen durch Nasen- und Oberlippenmuskeln bei geschlossenem Munde. — Schnüffeln ist die schnell hinter einander in sehr kurzen Zügen erfolgende inspiratorische Aufnahme von Luft (zu Riechzwecken) oft unter säuselndem Geräusche und Bewegung der Nasenöffnung, bei geschlossenem Munde. Alle diese willkürlich.

5. Schnarchen entsteht beim Athmen durch die geöffnete Mundhöhle, indem der In- und Exspirationsstrom das schlaff niederhängende Gaumensegel

in geräuschvolle Bewegungen versetzt. Meist im Schlafe unwillkürlich; auch willkürlich.

6. Gurgeln besteht in dem geräuschvollen langsamen Hindurchtretenlassen der Exspirationsluft in Blasenform durch eine bei rückwärtsgebeugtem Kopfe in der Tiefe zwischen Zunge und weichem Gaumen gehaltene Flüssigkeitsmasse. Willkürlich.

7. Weinen: Durch Gemüthsbewegungen hervorgerufene kurze tiefe In- und langgezogene Exspirationen bei verengter Glottis, erschlafften Gesichts- und Kiefermuskeln (mitunter der M. zygomaticus minor thätig), unter Thränensecretion, oft mit klagenden unarticulirten Lautäusserungen verbunden. Bei intensivem längeren Weinen entstehen stossweise und plötzlich erfolgende unwillkürliche Zwerchfellcontractionen, die im Rachen und im Kehlkopfe das als Schluchzen bekannte Inspirationsgeräusch erzeugen. Nur unwillkürlich. — Seufzen ist eine gedehnte Athembewegung mit meist klagendem Laute, oft unwillkürlich durch schmerzhafte Erinnerungen erregt.

8. Lachen: Kurze schnell erfolgende Exspirationsstösse durch die meist zu hellen Tönen gespannten, bald genäherten, bald von einander entfernten Stimmbänder hindurch, unter charakteristischen unarticulirten Lauten im Kehlkopfe mit Erzitterung des weichen Gaumens. Mund meist offen, das Antlitz durch Wirkung des M. zygomaticus major (nicht risorius!) mit charakteristischem Zuge. Meist unwillkürlich und so durch den Willen durch forcirten Mundschluss und Athemanhalten nur bis zu einem gewissen Grade („Ausplatzen“) unterdrückbar.

9. Gähnen: Langgezogenes, tiefes, unter successiver Aufbietung zahlreicher Inspiratoren erfolgendes Einathmen bei weitgeöffnetem Munde, Gaumenthor und Glottis; Exspiration kürzer — beide oft mit langgezogener gedehnter charakteristischer Lautäusserung. Nur unwillkürlich, meistens erregt durch Schläfrigkeit oder Langeweile.

127. Chemie der Athmung.

Die Aufgabe ist hier, die durch den Athmungsprocess ausgeschiedenen Gase qualitativ und quantitativ zu bestimmen. Vergleicht man hiermit die Mengen der aufgenommenen atmosphärischen Luft und der in ihr enthaltenen Gase, so gewinnt man ein Bild von der Aufnahme und Ausgabe durch die Athemthätigkeit.

128. Quantitative Bestimmung der CO_2, des O und des Wasserdampfes in Gasgemengen.

I. Bestimmung der Kohlensäure.

Volumenbestimmung durch Vierordt's Anthrakometer.

1. Dem Volumen nach, durch das Anthrakometer von Vierordt, Figur 56 II. Das Gasgemenge wird in eine (vorher mit Flüssigkeit gefüllte) lange, mit einem Endkolben K versehene, dem Inhalte nach bekannte, genau graduirte Röhre r r eingelassen und abgesperrt. Hierauf schraubt man an das den Sperrhahn tragende Endstück h die mit Aetzkali völlig gefüllte Flasche n, öffnet hierauf den Hahn, lässt das Kali in die Röhre einlaufen und schwenkt so lange, bis angenommen werden kann, alle CO_2 sei vom Kali unter Bildung von Kalicarbonat gebunden. Nun lässt man bei senkrechter Haltung das Kali in die Flasche wieder zurücklaufen, sperrt den Hahn, schraubt die Kaliflasche ab, und lässt nun, nachdem der Hahn unter Flüssigkeit getaucht ist, diese in das Rohr hinaufsteigen. Der von der Flüssigkeit eingenommene Raum ist gleich dem Volumen der weggenommenen CO_2.

Gewichtsbestimmung durch Aetzkali.

2. Dem Gewichte nach. Man lässt ein grösseres Volumen des zu untersuchenden Gasgemenges durch einen mit Aetzkali gefüllten Liebig'schen Kugelapparat hindurchtreten. Die Gewichtszunahme dieses, vorher genau gewogenen Apparates ist der Ausdruck für die von dem Kali aus der durchstreichenden Luft entnommene CO_2.

Titrirmethode.

3. Durch Titriren. Ein grösseres Volumen der zu untersuchenden Luft wird durch ein bestimmtes Volumen einer Aetzbarytlösung geleitet. Die CO_2 wird hier chemisch gebunden zu Baryumcarbonat. Mit einer titrirten Oxalsäurelösung wird die Flüssigkeit schliesslich neutralisirt: je mehr Baryum bereits von CO_2 gebunden war, um so weniger Oxalsäure ist zur Neutralisation nöthig und umgekehrt. (Vgl. pg. 256: Bestimmung der CO_2 in Wohnräumen.)

II. Bestimmung des Sauerstoffes.

Volumenbestimmung.

1. Dem Volumen nach: a) Durch Bindung des O mittelst Kaliumpyrogallat; man kann dabei verfahren, wie bei Bestimmung der CO_2 durch Vierordt's Anthrakometer, nur muss die Flasche n mit Kaliumpyrogallat völlig angefüllt sein. b) Durch Verpuffen im Eudiometer (siehe dieses Verfahren bei den „Blutgasen" pg. 63).

III. Bestimmung der Wasserdämpfe.

Man lässt das zu untersuchende Luftquantum entweder durch einen mit concentrirter Schwefelsäure gefüllten Kugelapparat, oder durch eine mit Chlorcalciumstücken gefüllte Röhre leiten: in beiden Fällen wird Wasser energisch angezogen. Der aufgenommene Wasserbestand wird direct aus der Gewichtszunahme ermittelt.

129. Methoden der Untersuchung.

I. Sammlung der ausgeathmeten Luft. 1. Es wird nur die Lungenluft aufgesammelt, wozu die Glocke des Spirometers (pg. 214) benutzt werden kann (zur Verhütung der CO_2 Absorption in concentrirter Kochsalzlösung aufgehangen).

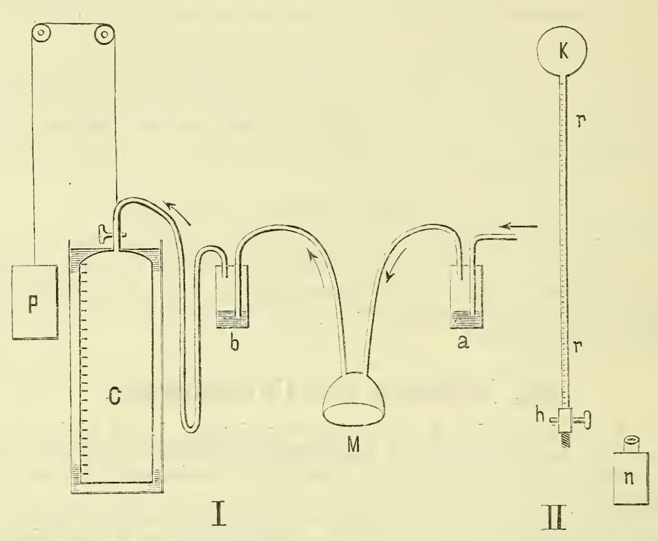
Andral und Gavarret liessen in eine geräumige Glocke (Fig. 56. I. C.) mehrere Athemzüge hinter einander entleeren. Hierbei war ein Mundstück M luftdicht vor den Mund angebracht (bei verschlossener Nase); die Richtung des Athmungsstromes regulirten zwei sog. Müller'sche Qnecksilberventile a und b. Bei jeder Einathmung gestattet nämlich die kleine Ventilflasche a (unten mit Quecksilber gefüllt, oben hermetiseh verschlossen) den Eintritt der einzuathmenden Luft zu den Lungen, — bei jeder Exspiration kann die Lungenluft nur durch b zu der Sammelglocke C gelangen.

2. Sollen ausser der Lungenluft zugleich noch die von der äusseren Haut durch die Perspiration abgegebenen Gase mit untersucht werden, so bedarf es des Aufenthaltes des athmenden Wesens in einem verschlossenen grösseren Behälter, aus welchem die Gase behufs der Untersuchung abzuleiten sind.

II. Die wichtigsten Respirationsapparate. a) Der Apparat von Scharling (Fig. 57) besteht zunächst aus einem geschlossenen Kasten A, in welchem ein Mensch Platz finden kann. Derselbe besitzt 2 Oeffnungen: eine Zuleitungsöffnung z und eine Ableitungsöffnung b. Letztere ist im weiteren Verlaufe mit einer Aspirationsvorrichtung C versehen, einer geräumigen mit Wasser gefüllten Tonne. Es ist einleuchtend, dass, wenn der Hahn h geöffnet ist und das Wasser aus der Tonne ausfliesst, ununterbrochen frische Luft in den Kasten A eintreten, und die mit den Athmungsgasen gemischte Kastenluft gegen die Tonne hin entweichen muss. Mit der Zuleitungsöffnung Z ist ein Liebig'scher mit Aetzkali gefüllter Kugelapparat d in Verbindung, durch den die zugeleitete Luft hindurchströmt, um dieselbe von CO_2 völlig zu befreien, so dass dem Menschen nur völlig CO_2-freie Luft zuströmt. Von der Austrittsöffnung b aus wird die Respirationsluft zuerst durch das Rohr e geleitet, in

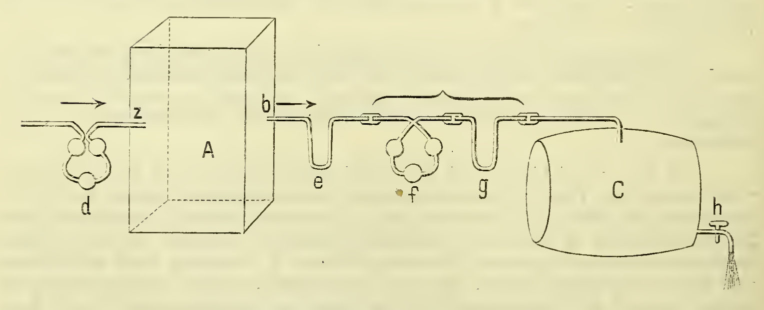
welchem Wasserdämpfe an Schwefelsäure abgegeben und durch die Gewichtszunahme des Rohres bestimmt werden. Hierauf streicht die Luft durch den mit Kali gefüllten Kugelapparat f, der alle CO_2 bindet. Das mit Schwefelsäure gefüllte Rohr G ist bestimmt, die aus f entführten Wasserdämpfe aufzunehmen. Die Gewichtszunahme von f und g zusammen gibt also das Gewicht der gebundenen CO_2 an. Das gesammte Volumen der gewechselten Luft wird durch den Inhalt der Tonne bestimmt.

Fig. 56.



I Apparat zur Sammlung der ausgeathmeten Luft nach Andral und Gavarret. — *II* Vierordt's Anthrakometer.

Fig. 57.

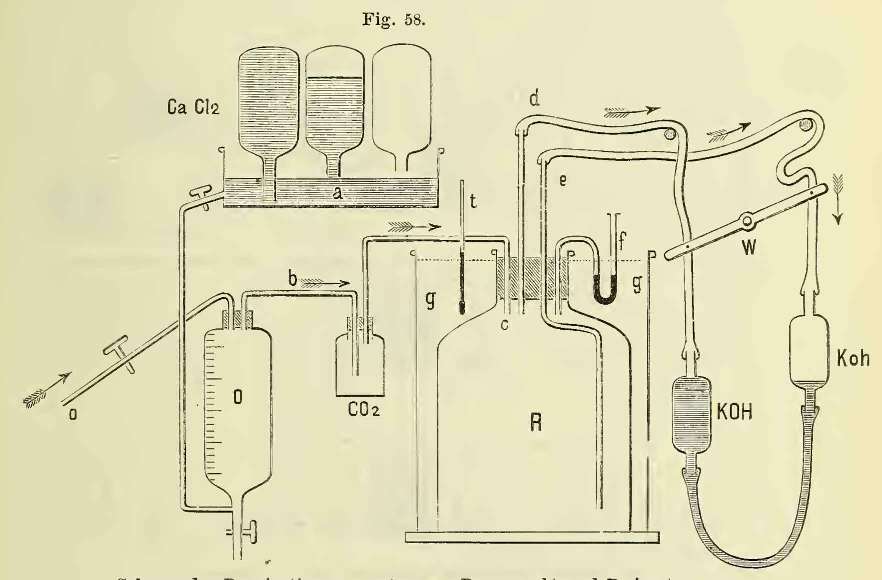


Respirationsapparat von Scharling.

b) Regnault und Reiset construirten einen complicirteren Apparat für Thiere, die unter einer grossen abgesperrten Glocke verweilten. Derselbe (Fig. 58) besteht zunächst aus einer Glocke (R), in welcher sich das Versuchsthier (Hund) aufhält. (Um dieselbe herum ist die Cylinderhülle (g g) gesetzt, die event. zu

calorimetrischen Versuchen benutzt werden kann, wozu bei t ein Thermometer angebracht ist.) In die Glocke (R) führt zunächst das Rohr c, welches genau (in Fig. 58 O) gemessene Mengen von reinem Sauerstoff (der in Fig. 58 CO_2 noch etwa beigemischte Kohlensäure an Kalilauge abgeben soll) zuleitet. Das Massgefäss für den Sauerstoff (O) wird durch eine Chlorcalciumlösung aus der mit grossen Flaschen versehenen Chlorcalcium-Wanne ($Ca\ Cl_2$) nach R hin entleert. Von R aus führen die Röhren d und e, durch Kautschukröhren mit den communicirenden Kaliflaschen (K O H, k o h) verbunden, welche durch einen Wagebalken (w) abwechselnd gesenkt und gehoben werden. Hierbei aspiriren sie abwechselnd die Luft aus R, und das Aetzkali nimmt hierbei die CO_2 auf. Nach dem Versuche zeigt die Gewichtszunahme der Flaschen die Menge der ausgeathmeten CO_2. Die Mengen des verbrauchten O sind in dem Massgefässe (O) direct gemessen worden. Endlich zeigt das Manometer f an, ob zwischen dem innern oder äussern Druck der Luft eine Differenz vorhanden ist.

Fig. 58.



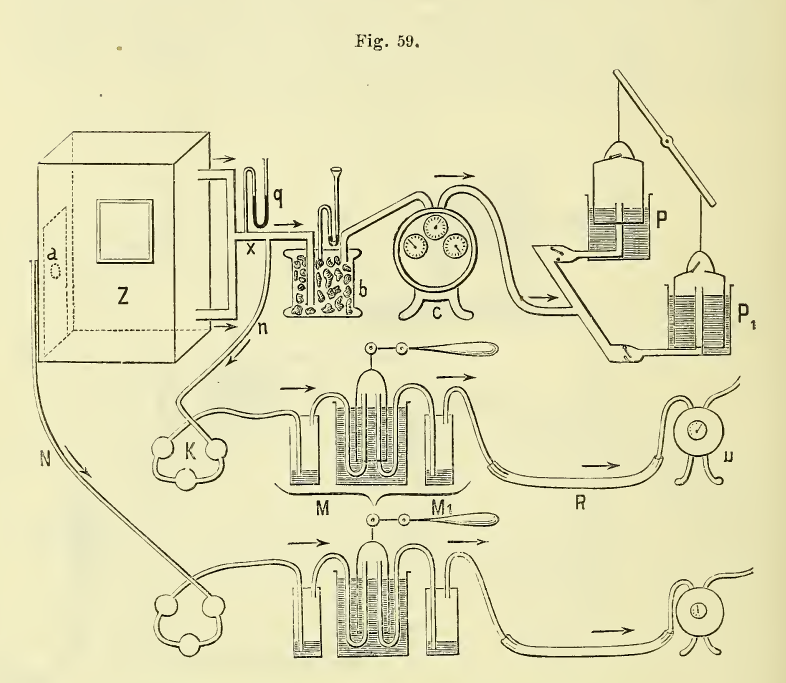
Schema des Respirationsapparates von Regnault und Reiset.

c) In vollkommenster Weise leistet der Respirationsapparat von v. Pettenkofer (Fig. 59) allen Ansprüchen Genüge. — Ein aus Metallwänden construirtes, mit Thür und Fenster versehenes Zimmerchen Z besitzt bei a eine Oeffnung für den Eintritt der Luft. Eine grosse (durch Dampf getriebene) Doppel-Saugpumpe $P\ P_1$ erneuert ununterbrochen in dem Zimmerchen die Luft. Letztere wird zunächst geleitet in ein Gefäss b, angefüllt mit mit Schwefelsäure durchtränkten Bimsteinstücken, in welchem sie getrocknet wird; dann wird sie durch die grosse Gasuhr c geführt, welche die Gesammtmenge der gewechselten Luftmassen angibt. Nachdem sie so gemessen, wird sie durch die Pumpen $P\ P_1$ nach aussen entleert.

Aus dem aus dem Zimmerchen leitenden Hauptrohre x (welches noch zur Beobachtung etwaiger innerer Druckschwankungen das Queck-

silbermanometer q trägt) wird zur chemischen Untersuchung der kleine Nebenstrom n abgeleitet. Diesen treibt (durch dieselbe Dampfmaschine bewegt) der nach dem Princip der Müller'schen Hg-Ventile construirte kleine Saug-Druck-Apparat M M_1. Vor diesem streicht dieser Luftstrom durch den mit Schwefelsäure gefüllten Kugelapparat K, aus dessen Gewichtszunahme man die Menge des enthaltenen Wasserdampfes bestimmt. Hinter der Pumpvor-

Fig. 59.



Schema des Respirationsapparates von v. Pettenkofer.

richtung wird der Luftstrom durch das mit Barytwasser gefüllte enge Rohr R geleitet, welches die CO_2 aufnimmt. Die Menge der durch den kleinen Nebenstrom geleiteten Luft misst endlich die kleine Gasuhr u, aus der sie schliesslich nach aussen entweicht. Die zweite Nebenleitung N untersucht die Luft vor dem Eintritt in das Zimmerchen durch die völlig gleiche Anordnung wie in der Nebenleitung n.

Die in der Nebenleitung n gefundene grössere CO_2- und H_2O-Menge (als in N) ist auf die Athmungsthätigkeit des im Zimmerchen befindlichen Wesens zu beziehen.

130. Zusammensetzung und Eigenschaften der atmosphärischen Luft.

1. Die trockene Atmosphäre enthält:

Gasart	Gewichtstheile	Volumentheile
O	23,015	20,96
N	76,985	79,02
CO_2		0,03—0,05

2. Wasserdämpfe sind der atmosphärischen Luft stets beigemengt; ihre Menge ist sehr wechselnd, doch im Allgemeinen mit der Höhe der Temperatur der Luft zunehmend. — Man hat in Beziehung auf die Feuchtigkeit der Luft zu unterscheiden: a) die absolute Feuchtigkeit, d. h. die Menge Wassergas, welche ein Volumen Luft in Dampfform enthält, und b) die relative Feuchtigkeit, d. h. diejenige Menge Wasserdampf, welche ein Volumen Luft enthält mit Rücksicht auf seine Temperatur.

Absolute und relative Luftfeuchtigkeit.

Es vermag nämlich, wie die folgende Tabelle zeigt, 1 Cubikmeter Luft bei bestimmter Temperatur ein ganz bestimmtes Mass von Wasserdämpfen als Maximum zu enthalten.

Temperatur in Graden nach C	Maximum des Wasserdampfes	Spannkraft des Wasserdampfes
— 20	1,5 Gramm	1,3 Mm. Quecksilber
— 10	2,9 „	2,6 „ „
0	5,4 „	5,0 „ „
+ 5	7,3 „	„ „
+ 10	9,7 „	9,5 „ „
+ 15	13,0 „	12,8 „ „
+ 20	17,1 „	17,4 „ „
+ 25	22,5 „	Von 20° anfangs für 1° C
+ 30	29,4 „	um 0,9—1,3 Mm. zunehmend,
+ 37	42,2 „	später jedoch schneller steigend; — bei 40° = 53 Mm.

Auf die absolute Menge des Wasserdampfes in der Luft sind folgende Einflüsse bekannt: 1. Am Gestade nimmt er am Tage mit steigender Temperatur zu, mit fallender ab. — 2. Im flachen Binnenlande steigt die Feuchtigkeit von Sonnenaufgang bis Mittag, nimmt dann ab zum Abend, steigt wieder beim Anbruch der Nacht und sinkt endlich wieder. — 3. Auf hohen Bergen fehlt die Mittagsabnahme der Feuchtigkeit. — 4. Südwestwinde im Sommer bringen die grösste, Ostwinde im Winter die niedrigsten Feuchtigkeitsgrade mit sich.

Einflüsse auf die absolute Feuchtigkeit.

In Bezug auf die relative Dampfmenge ist bemerkenswerth: 1. dass dieselbe bei Sonnenaufgang am grössten, gegen Mittag am geringsten zu sein pflegt, — 2. dass sie auf hohen Bergen geringer, — 3. dass sie im Winter grösser, als im Sommer, — 4. dass sie bei Süd- und Westwinden grösser, als bei Nord- und Ostwinden zu sein pflegt.

Einflüsse auf die relative Feuchtigkeit.

Merkwürdigerweise findet sich, dass im Laufe des Jahreswechsels diejenige Luft, welche als die absolut wasserreichste befunden wird, die relativ wasserärmste ist. So enthält z. B. im Mittsommer die Luft eine absolut gegen 3mal so grosse Wasserdampfmenge als im Mittwinter, und dennoch ist die Sommerluft relativ trockener als die Winterluft. Im Laufe der Jahreszeiten

steigt und fällt die absolute Dampfmenge der Luft mit den mittleren Wärmegraden; die durchschnittliche relative Luftfeuchtigkeit beträgt in unseren Klimaten gegen 70%.

3. Beachtenswerth ist die Ausdehnbarkeit der Luft durch steigende Wärmegrade. Rudberg fand, dass 1000 Volumina einer auf 0° abgekühlten Luft bei einer Erwärmung auf 100° C. sich auf 1365 Volumina ausdehnen.

4. Mit zunehmender Erhebung über den Meeresspiegel nimmt die Dichtigkeit der Luft ab.

131. Zusammensetzung der Ausathmungsluft.

1. Die Ausathmungsluft ist reich an CO_2: sie enthält im Mittel bei ruhigem Athmen 4,38 Volumenprocente (3,3 bis 5,5%) (Vierordt).

2. Sie enthält weniger O (im Mittel 4,782 Volumenprocente weniger) als die eingeathmete atmosphärische Luft, nämlich nur noch 16,033 Volumenprocente.

3. Es wird daher beim Athmen mehr O aus der Luft in den Körper aufgenommen, als CO_2 nach aussen entleert wird (Lavoisier); somit ist das Volumen der Ausathmungsluft (gegen $^1/_{40}$—$^1/_{50}$) kleiner, als das Volumen der eingeathmeten Luft (beide trocken, gleichwarm und bei gleichem Barometerstand). Man drückt dieses Verhältniss der abgegebenen CO_2 zum aufgenommenen O (also 4,38 : 4,782) aus durch den Quotient $\frac{CO_2}{O}$ $(= \frac{4,38}{4,782}) = 0,906$.

4. In sehr geringen Mengen wird N der Ausathmungsluft beigemengt (Regnault und Reiset). Seegen fand, dass nicht aller durch die Nahrung aufgenommene N in den Excreten wieder erscheint (Harn und Koth) und er nimmt daher eine theilweise N-Ausscheidung durch die Lungen an.

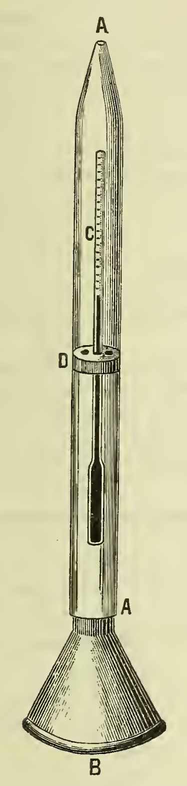
5. Die Ausathmungsluft ist bei ruhigem Athemholen mit Wasserdämpfen gesättigt. Es ist daraus ersichtlich, dass bei wechselndem Wassergehalte der Luft der Körper verschieden grosse Mengen Wasser durch die Lungen entleeren muss. Bei schnellen Athemzügen sah Moleschott den Procentgehalt der Wasserdämpfe sinken.

6. Die Ausathmungsluft zeigt eine beträchtliche Wärme (im Mittel 36,3° C.), welche bei mittlerer Temperatur derjenigen des Körpers ziemlich nahe kommt, aber auch bei extremen Schwankungen der Umgebungstemperatur sich ziemlich in gleichhohen Grenzen hält.

Durch das nachstehende Instrument, welches aus einer Glasröhre A A mit Mundstück B und eingeschobenem feinen Thermometer C besteht, suchten Valentin und Brunner die Temperatur der Ausathmungsluft zu bestimmen, indem sie durch die Nase inspirirten und langsam durch das Mundstück in die Röhre hinein exspirirten.

Temperatur der Luft	Temperatur der Ausathmungsluft
— 6,3° C.	+ 29,8° C
+ 17—19° C.	+ 36,2°—37° C.
+ 41° C.	+ 38,1° C.
+ 44° C.	+ 38,5° C.

Fig. 60.



Apparat zur Wärmemessung der ausgeathmeten Luft.

Es wäre gewiss im hohen Grade interessant, zu untersuchen, ob die Temperatur der Ausathmungsluft nicht etwa bei Entzündungen, Störungen des Blutlaufes oder Entartungen der Lungen eine Veränderung erlitte.

7. Die (sub 3) angegebene Volumenverminderung der ausgeathmeten Luft wird weitaus compensirt durch die in den Athmungswegen stattfindende Erwärmung der eingeathmeten Luft und die Tension der in ihr enthaltenen Wasserdämpfe.

8. Sehr geringe Mengen von Ammoniak sind der Ausathmungsluft beigemengt (Regnault und Reiset) etwa in 24 Stunden 0,0204 Gramm (Lossen); dasselbe wird wahrscheinlich aus dem Blute entwickelt, welches auch stehend etwas Ammoniak abgibt (Brücke) (nicht aber aus den Zersetzungen kleiner Speisetheile in der Mundhöhle oder in hohlen Zähnen).

9. Geringe Mengen H und leichtes Kohlenwasserstoffgas (CH_4), beide vom Darm aus resorbirt, werden ebenfalls ausgeathmet. (Reiset sah bei Grasfressern das Kohlenwasserstoffgas in 24 Stunden bis auf 30 Liter ausgeathmet.)

132. Grösse des täglichen Gaswechsels.

Da unter normalen Verhältnissen mehr O aufgenommen wird, als in der CO_2 zur Ausscheidung gelangt (gleiche Volumina O und CO_2 enthalten gleich grosse Mengen O), so muss offenbar ein Theil des aufgenommenen O zu anderen Oxydationszwecken im Körper verwendet werden. Je nach dem Umfange dieser letzteren muss natürlich das Verhältniss des aufgenommenen O zur abgegebenen CO_2 (der Quotient $\frac{CO_2}{O}$, der im Mittel bei ruhiger normaler Athmung = 0,916 angegeben ist), ein wechselndes sein. Es kann nämlich innerhalb der normalen Lebensvorgänge sowohl die CO_2-Abgabe noch geringer sein als das angegebene Mittel, als auch die O-Aufnahme nicht unbeträchtlich übersteigen. Bei solchen Schwankungen ist es einleuchtend, dass die Bestimmung der CO_2-Menge allein kein zuverlässiger Massstab für den gesammten Gaswechsel bei der Athmung sein kann, — völlige Einsicht in

die Bilanz des Gaswechsels liefert daher nur die gleichzeitige Bestimmung des aufgenommenen O und der ausgeschiedenen CO_2.

Uebersicht des Gaswechsels.

Aufnahme in 24 Stunden:
Sauerstoff 744 Gr. = 516500 Ccmtr. (Vierordt).

[Die Volumina sind bei 0° und mittlerem Barometerstand bestimmt.]

Abgabe in 24 Stunden:
Kohlensäure 900 Gr. = 455500 Ccmtr. (Vierordt).
36 Gr. pr. Stunde (Scharling).
32,8 bis 33,4 Gramm (Liebermeister).
34 Gr. (Panum).
31,5—33 Gr. (Ranke).
Wasser 540 Gr. (Valentin).
330 Gr. (Vierordt).

133. Einflüsse auf die Grösse des respiratorischen Gaswechsels.

1. Das Alter zeigt seinen Einfluss in der Art, dass bis zur Entwickelungshöhe des Körpers die CO_2-Abgabe steigt, von da an mit Abnahme der Körperkräfte wieder abnimmt. Bei Jüngeren ist dabei die O-Aufnahme im Vergleich zur CO_2-Abgabe relativ grösser; im Uebrigen gehen beide Werthe ziemlich neben einander. — Beispiel:

Alter Jahre	in 24 Stunden	
	CO_2 Gramm ausgeschieden, = Kohle	O aufgenommen, Gr.
8	443 Gramm = 121 Kohle	375 Gramm
15	766 „ = 209 „	652 „
16	950 „ = 259 „	809 „
18—20	1003 „ = 274 „	854 „
20—24	1074 „ = 293 „	914 „
40—60	889 „ = 242 „	757 „
60—80	810 „ = 221 „	689 „

Kinder haben zwar eine absolut geringere CO_2-Ausscheidung als Erwachsene; berechnet man aber die ausgeschiedene CO_2 auf gleich grosses Körpergewicht, so findet man, dass gleiche Gewichtstheile Kind fast doppelt so viel CO_2 ausscheiden, als gleiche Gewichtstheile Erwachsener (Scharling).

2. Das Geschlecht. Männliche Individuen haben nach Andral und Gavarret vom 8. Jahre an bis zum hohen Alter eine gegen $^1/_3$ höhere CO_2-Abgabe, als weibliche. Noch stärker ist dieser Unterschied zur Zeit der Geschlechtsreife, innerhalb welcher die Differenz bis zu $^1/_2$ steigen kann. Nach dem Aufhören der Menses findet eine Zunahme, in höherem Alter wieder eine Abnahme der CO_2-Ausgabe statt. Schwangerschaft erhöht und zwar mit zunehmender Zeit aus leicht erklärbarem Grunde die Abgabe.

3. Die Körperconstitution. Im Allgemeinen verbrauchen muskulöse lebhafte Individuen mehr O und scheiden mehr CO_2 aus, als gleich grosse und gleich schwere muskelschwache, schlaffe und wenig regsame.

4. Schwankungen zur Tages- und Nachtzeit. Im Allgemeinen zeigt sich im Schlafe eine Verminderung der CO_2-Ausscheidung, etwa $^1/_4$ (Scharling), in dem Masse, als die constante Wärme der Umgebung (Bett), die Dunkelheit, die fehlende Muskelthätigkeit und der Ausfall der Nahrungsaufnahme (siehe 5, 9, 6, 7) dies zur Folge haben. Es wird im Schlafe mehr O aufgenommen, aufgespeichert (v. Pettenkofer und Voit), als CO_2 abgegeben wird. Nach dem Aufwachen am Morgen findet eine Beschleunigung und Vertiefung der Athemzüge statt, wodurch zuerst die CO_2-Ausscheidung steigt; im weiteren Verlaufe des Vormittages fällt sie jedoch wieder, bis die Mittagsmahlzeit eine neue Steigerung bis zum Höhepunkt bedingt. Am Nachmittage zeigt sich eine abermalige Abnahme und schliesslich durch das Abendbrod nur eine unerhebliche Steigerung.

Im Winterschlafe, in welchem neben der Nahrungsaufnahme das Athemholen völlig unterbleibt, der Gaswechsel vielmehr nur allein durch die Diffusion in den Lungen und die kardiopneumatische Bewegung (siehe pg. 111) unterhalten wird, sinkt nach Valentin die CO_2-Abgabe auf $^1/_{75}$, die O-Aufnahme auf $^1/_{41}$ des Betrages im wachen Zustande. Es wird also viel weniger CO_2 abgegeben als O aufgenommen wird, so dass sogar das Körpergewicht durch das Plus der O-Aufnahme steigen kann.

5. Einfluss der Temperatur der Umgebung. Kaltblüter nehmen bei höherer Temperatur der Umgebung selbst leicht ebenfalls eine höhere Körpertemperatur an, und sondern in diesem Zustand mehr CO_2 ab, als im Zustande grösserer Abkühlung (Spallanzani), z. B. schied ein Frosch bei etwa 39° C. Umgebungstemperatur fast 3mal soviel CO_2 aus, als bei 6° C. (Moleschott). — Warmblüter zeigen bei wechselnder Umgebungstemperatur ein verschiedenes Verhalten, je nachdem die Eigenwärme des Körpers constant bleibt, oder ob dieselbe zugleich mit erhöht oder erniedrigt wird. Im letzteren Falle findet (wie bei Kaltblütern) bei Abkühlung des Körpers unter dem Einflusse kalter Umgebung eine beträchtliche Verminderung der CO_2-Abgabe statt — umgekehrt hat Steigerung der Eigenwärme des Körpers (auch im Fieber) auch Steigerung der CO_2-Ausscheidung zur Folge (Ludwig und Sanders-Ezn). — Gerade umgekehrt zeigt sich das Verhalten, wenn bei wechselnder Umgebungstemperatur gleichwohl die Eigenwärme des Körpers constant bleibt. Mit zunehmender Kälte der Umgebung nehmen nämlich durch reflectorische Anregung die Oxydationsprocesse im Körper und damit auch die Zahl und Tiefe der Athemzüge zu, in Folge dessen mehr O eingenommen und mehr CO_2 abgegeben wird (Lavoisier). So verbrauchte ein Mensch im Jänner stündlich 45,2 Gr. O, im Juli jedoch nur 31,7 Gr.; — bei Thieren fand man die CO_2-Abgabe bei einer Umgebungstemperatur unter 8° C. etwa um $^1/_3$ höher, als bei einer solchen über 38° C. Mit zunehmender Luftwärme (bei übrigens gleichbleibender Körpertemperatur) sinkt die Athemthätigkeit und die CO_2-

Ausscheidung, während der Puls fast gleich bleibt (Vierordt). — Namentlich hat sich gezeigt, wenn der Uebergang aus kalter in warme Umgebung, und umgekehrt, sehr plötzlich erfolgt, dass alsdann im ersteren Falle die CO_2-Abgabe sehr beträchtlich abnimmt, im umgekehrten Falle jedoch bedeutend steigt.

6. Muskelarbeit bewirkt eine erhebliche Zunahme der CO_2-Abgabe (Scharling), die z. B. beim Gehen gegen 3mal so gross sein kann, als beim ruhigen Liegen (Smith). Bei Kaninchen haben Ludwig und Sczelkow die O-Aufnahme und CO_2-Abgabe sowohl bei ruhigem Verhalten der Thiere, als auch während der tetanischen Contraction der Hinterextremitätenmuskeln bestimmt und die gefundenen Werthe verglichen. Im Tetanus stieg in bedeutendem Grade die O-Aufnahme und CO_2-Abgabe, allein es wurde vom tetanisirten Thiere in der exhalirten CO_2 mehr O abgegeben als gleichzeitig O durch die Athmung aufgenommen war; umgekehrt zeigte das ruhende Thier grössere (ungefähr die doppelte) O-Aufnahme, als CO_2-Abgabe.

7. Nahrungsaufnahme hat constant eine nicht unbedeutende Steigerung der CO_2-Abgabe zur Folge, die im Allgemeinen sich nach der Quantität der Nahrung richtet und somit am bedeutendsten eine Stunde nach der Hauptmahlzeit (Mittagbrod) hervorzutreten pflegt (Vierordt). Im Inanitionszustande nimmt der Gaswechsel beträchtlich ab bis zum Tode (Letellier): anfänglich ist die CO_2-Abgabe stärker vermindert, als die O-Aufnahme. Die Qualität der Nahrungsmittel ist insofern von Einfluss, als nach Aufnahme C-reicher Körper (Kohlehydrate und Fette) eine reichlichere CO_2-Abgabe erfolgt, als nach C-ärmeren (Eiweisskörper). So fanden Regnault und Reiset, dass ein Hund von dem eingeathmeten O wieder abgab in der CO_2 nach stattgehabtem Genuss von Fleisch $79^0/_0$, nach dem von Amylum $91^0/_0$. Wird direct in die Blutbahn eine leicht verbrennliche Substanz eingeführt (Glycerin, oder milchsaures Natron), so steigt bedeutend die O-Aufnahme und die CO_2-Abgabe (Ludwig und Scheremetjewsky); — Alkoholica, Thee, ätherische Oele setzen die CO_2-Abgabe bedeutend herab (Prout, Vierordt), vielleicht bei gleichzeitiger Steigerung des O-Verbrauches.

8. Zahl und Tiefe der Athemzüge haben auf die Bildung der CO_2, also auf die Verbrennungsvorgänge im Körper, so gut wie keinen Einfluss, diese werden vielmehr von den Geweben selbst durch noch unbekannte Mechanismen regulirt (Pflüger); — wohl aber hat sich ein sichtbarer Einfluss desselben auf die Entleerung der im Körper bereits gebildet vorhandenen CO_2 zu erkennen gegeben. Sowohl eine Vermehrung der Zahl der Athemzüge bei gleich bleibender Tiefe (gleich grossem Gaswechsel), als auch eine Vertiefung derselben bei gleich bleibender Zahl, hat eine absolute Zunahme der CO_2-Ausgabe zur Folge, die jedoch mit Rücksicht auf die Grösse der gewechselten Gasmengen relativ vermindert erscheint. Das nachfolgende Beispiel nach Vierordt erläutert diese Verhältnisse:

Zahl der Athemzüge in 1 Minute	Gewechseltes Luftvolumen	enthält CO_2	= % CO_2	Grösse des Athemzuges	enthält CO_2	= % CO_2
12	6000	258 Ccmtr.	= 4,3 %	500	21 Ccmtr.	= 4,3 %
24	12000	420 „	= 3,5 „	1000	36 „	= 3,6 „
48	24000	744 „	= 3,1 „	1500	51 „	= 3,4 „
96	48000	1392 „	= 2,9 „	2000	64 „	= 3,2 „
				3000	72 „	= 2,4 „

9. Der Aufenthalt im Hellen bewirkt bei Fröschen (Moleschott 1855), wie auch bei Säugethieren (Pflüger und Platen 1875) eine Steigerung der CO_2-Abgabe und der O-Aufnahme; Dunkelheit hat eine Verminderung zur Folge.

134. Gasdiffusion

innerhalb der verschiedenen Luftschichten des Athmungsorganes.

Die Luft in den Lungenbläschen ist am reichsten an CO_2 und am ärmsten an O; weiterhin von den kleinsten Bronchien zu den grösseren und sodann gegen die Bronchi und die Trachea hin ist schichtweise die Athmungsluft mehr der atmosphärischen ähnlich (Allen und Pepys). Daher kommt es, dass, wenn man die Exspirationsluft eines Athemzuges in zwei Hälften auffängt, die erste Hälfte (als aus den grösseren Luftcanälen stammend) weniger CO_2 enthält (3,7 Vol. Procent, Vierordt), als die zweite Hälfte (5,4 Vol. Procent). Diese Ungleichheit des Gasgemenges in den verschiedenen Tiefen des Athmungsorganes ruft selbstverständlich eine fortwährende Gasdiffusion zwischen den verschiedenen Schichten hervor, und ebenso endlich zwischen den Larynx- und Nasenhöhlen-Gasen und der äusseren atmosphärischen Luft: und zwar wird die CO_2 beständig aus der Tiefe der Lungenbläschen gegen die äussere Luft, hingegen der O der letzteren in das Gasgemenge der Lungenalveolen diffundiren (vgl. 38, pag. 59). Zweifellos wird diese Diffusion wesentlich unterstützt durch das beständige Schütteln der Athmungsgase bei der kardiopneumatischen Bewegung (Landois). Im Winterschlafe und ebenso in Fällen länger dauernden tiefen Scheintodes muss auf diese Weise einzig und allein der Gaswechsel innerhalb der Lungen unterhalten werden.

Spannung der CO_2 in den verschiedenen Schichten der Lungengase.

Die Gasdiffusion unterstützt durch die kardiopneumatische Bewegung.

Für gewöhnlich ist jedoch dieser Mechanismus für den Athmungsprocess unzureichend: es kommt vielmehr der in- und exspiratorische directe Luftwechsel hinzu: hierdurch wird in die, am meisten nach den Ausführungsröhren liegenden, Theile der Lungen atmosphärische Luft eingebracht, aus welcher und in welche die Diffusionsströmung von O und CO_2, wegen der grösseren Spannungsdifferenzen der Gase zwischen beiden, um so lebhafter vor sich geht.

135. Gasaustausch zwischen dem Blute der Lungencapillaren und der Alveolenluft.

Der respiratorische Gasaustausch fast ganz ein chemischer Process.

Dieser Gasaustausch geht fast ausschliesslich durch chemische Vorgänge (unabhängig von der Diffusion der Gase) vor sich.

(Beim Studium ist es unerlässlich, hier die Lehre von den Blutgasen pag. 58 eingehend zu recapituliren.)

Für die Ermittelung des Gasaustausches handelt es sich zuerst um die Feststellung der Spannung des O und der CO_2 in dem venösen Blute der Lungencapillaren. Pflüger und Wolffberg haben durch die Lungenkatheterisation diese Bestimmung ausgeführt. Bei geöffneter Trachea wird einem Hunde ein elastischer Katheter in den zum linken unteren Lungenlappen führenden Bronchialstamm eingeführt. Um denselben in dem letzteren zu dichten, wird um den Katheter eine von ihm durchbohrte Gummiblase aufgebläht, so dass nun aus dem zugehörigen Lungenterrain keine Luft neben dem Katheter vorbei entweichen kann. Der Katheter ist an seinem Ausflussende vorerst verschlossen; der Hund athmet selbstständig und möglichst ruhig. Schon nach 4 Minuten hat sich die Alveolenluft des abgesperrten Lungenbezirkes völlig mit den Blutgasen ausgeglichen. Wird daher nunmehr aus dem Katheter mit der Luftpumpe die Lungenluft ausgesogen und untersucht, so gibt die Spannung von CO_2 und O in ihr so zugleich auf indirectem Wege die Spannung dieser beiden Gase in dem venösen Blute der Lungencapillaren an.

Lungenkatheterisation.

Zur directen Bestimmung der Gase in verschiedenen Blutproben entfernt man durch Schütteln des Blutes mit einer anderen Gasart die Gase aus demselben. Die Zusammensetzung des Schüttelgases zeigt dann direct die Mischungsverhältnisse der Blutgase und deren Spannungen an. (Es ist zweckmässig, hierbei möglichst viel Blut mit wenig Schüttelgas zu behandeln und als letzteres ein Gasgemenge zu nehmen, welches dem vermuthlich im Blute vorhandenen Gasgemische nahe steht.)

Im Folgenden stellen wir zuerst zusammen die Spannungen und den Procentgehalt an O und CO_2, sowohl des arteriellen und venösen Blutes, als auch der atmosphärischen und der abgesperrten Alveolenluft.

I.

O-Spannung im arteriellen Blute = 29,6 Mm. Hg. (nimmt durch Erwärmen zu. Worm Müller) (entsprechend einem Gasgemenge von 3,9 Vol. Procent O).

II.

CO_2-Spannung im arteriellen Blute = 21 Mm. Hg. (entsprechend 2,8 Vol. Procent).

III.

O-Spannung im venösen Blute = 22 Mm. Hg. (entsprechend 2,9 Vol. Procent).

IV.

CO_2-Spannung im venösen Blute = 41 Mm. Hg. (entsprechend 5,4 Vol. Procent).

V.

O-Spannung in der Alveolenluft der katheterisirten Lunge = 27,44 Mm. Hg. (entsprechend 3,6 Vol. Procent).

VI.

CO_2-Spannung in der Alveolenluft der katheterisirten Lunge = 27 Mm. Hg. (entsprechend 3,56 Vol. Procent

VII.	VIII.
O-Spannung in der atmosph. Luft = 158 Mm. Hg. (entsprechend 20,8 Vol. Procent).	CO_2-Spannung in der atmosph. Luft = 0,38 Mm. Hg. (entsprechend 0,03—0,05 Vol. Procent).

Betrachtet man VII mit III (respective V), so ergibt sich, dass man sich den Process der O-Aufnahme bei der Athmung unter dem Bilde des Spannungsausgleiches vorstellen kann. Ebenso lehrt die Vergleichung von VIII und IV respective VI, dass in ähnlicher Weise der Austausch der CO_2 erklärbar ist.

Wenngleich nun auch die Betrachtung vorstehender Spannungsdifferenzen einen Einblick in den Austausch der Gase beim Athmungsprocess ermöglicht, so sprechen doch gewichtige Thatsachen dafür, dass der respiratorische Gaswechsel nicht als einfacher Diffusionsvorgang der Gase unter einander aufzufassen ist, sondern dass er ein von chemischen Kräften geleiteter Process ist.

Die O-Aufnahme ein chemischer Process.

1. Für die O-Aufnahme aus der Alveolenluft in das venöse Blut der Lungencapillaren behufs der Arterialisation desselben ist es völlig sicher erwiesen, dass dieselbe ein chemischer Process ist. Das gasfreie (reducirte) Hämoglobin nimmt in den Lungen O zur Bildung von Oxyhämoglobin auf (vgl. pg. 38). Dass diese Aufnahme mit der Diffusion der Gase direct nichts zu thun hat, sondern dass dieselbe auf der Atomverbindung des chemischen Processes beruht, geht daraus hervor, dass das Blut beim Athmen in reinem O nicht mehr O aufnimmt, als beim Atmen in atmosphärischer Luft; — ferner dass Thiere, die in einem abgesperrten kleinen Raume athmen, aus demselben bis zur erfolgten Erstickung fast allen O bis auf Spuren in ihr Blut aufgenommen haben. Wäre die respiratorische O-Aufnahme ein Diffusionsprocess, so müsste entsprechend dem Partiardrucke des O im ersten Falle viel mehr O aufgenommen werden, im letzteren könnte eine so weit gehende Aufnahme nicht mehr statthaben.

(Die Gesetze der Diffusion bei der O-Aufnahme kommen nur insoweit in Betracht, als der O, um zu den rothen Blutkörperchen zu gelangen, allerdings zuerst in das Plasma diffundiren muss, hier aber sofort von den Körperchen chemisch gebunden wird.)

2. In Bezug auf die CO_2-Ausscheidung aus dem Blute mag zunächst daran erinnert werden, dass im Blute chemisch leicht gebundene und fester gebundene CO_2 sich vorfindet. Da die erstere schon durch jene Mittel austreibbar ist, welche absorbirte Gase entbinden, so ist es bei der Entweichung der CO_2 aus dem Blute schwierig zu bestimmen, ob das entweichende Gas lediglich dem Diffusionsgesetze gehorcht, oder ob es chemisch ausgetrieben wird.

CO_2-Abgabe ebenfalls ein chemischer Process.

Wenn wir uns die CO_2-Abgabe aus dem Blute in die Alveolenluft auch sehr wohl unter dem Bilde des Spannungsausgleiches (Diffusion) vorstellen können, so spielen

dennoch jedenfalls chemische Processe eine wichtige Rolle hierbei, die allerdings in ihrem Wesen nicht bekannt sind. Die O-Aufnahme seitens der rothen Blutkörperchen wirkt nämlich zugleich CO_2-austreibend. Dies wird dadurch bewiesen, dass die Austreibung von CO_2 aus dem Blute leichter vor sich geht, wenn O zugleich eintritt, als bei anderen Proceduren der Entgasung (Ludwig und Holmgren). Hierbei wird nicht allein die leicht gebundene (auspumpbare), sondern auch die fester gebundene (nur durch Säure austreibbare) CO_2 verscheucht (Ludwig, Schöffer und Sczelkow). Für die Betheiligung der O-haltigen rothen Blutkörperchen bei der chemischen CO_2-Austreibung spricht endlich die Erscheinung, dass CO_2 auch aus dem Serum leichter entweicht, nachdem hellrothe Blutkörperchen (nicht aber allein O) beigemischt worden sind.

Art des chemischen Processes.

Ueber die Art und Weise der Austreibung der CO_2 aus chemischen Verbindungen des Blutes durch den O sind verschiedene Vermuthungen laut geworden: a) innerhalb der Blutkörperchen könnte die (hier vielleicht an Paraglobulin gebundene? Setschenow) CO_2 direct durch den aufgenommenen O verdrängt werden. — b) Das sauer reagirende Hämoglobin (Preyer) könnte CO_2- austreibend aus Blutkörperchen und Plasma wirken. — c) Durch die O-Aufnahme könnten aus Hämoglobin durch Zersetzung flüchtige Fettsäuren entstehen (Hoppe-Seyler), die CO_2-austreibend wirkten.

Donders hat den Gaswechsel bei der äusseren und inneren Athmung als einen Dissociationsprocess dargestellt, wie im Nachfolgenden ausgeführt wird.

136. Der respiratorische Gaswechsel als Dissociation der Gase (Donders).

Wesen der Dissociation der Gase.

Manche Gasarten gehen mit Körpern alsdann eine wahre chemische Verbindung (also nach Aequivalenten) ein, wenn sie sich mit dem Gase zusammen unter einem gewissen hohen Grade des Partiardruckes des betreffenden Gases befinden. Diese chemische Verbindung löst sich jedoch wieder, sobald der Partiardruck sich vermindert und eine gewisse untere Grenze erreicht. So kann bei steigendem und abnehmendem Partiardruck abwechselnd eine chemische Verbindung des Gases geschlossen und wieder gelöst werden. Diesen Process nennt man Dissociation der Gase. Der minimale Partiardruck ist für die verschiedenen in Betracht kommenden Substanzen und Gase zwar ein constanter, doch hat die Temperatur (ähnlich wie bei der Absorption der Gase) einen hohen Einfluss: mit der Zunahme der Temperatur nimmt nämlich der Partiardruck, der an der Grenze der Dissociation noch wirksam ist, ab.

Als ein Beispiel für die Dissociation der Gase mag zunächst der kohlensaure Kalk angeführt werden. Wird dieser in der Luft auf sehr hohe Wärmegrade (440° C.) erhitzt, so entweicht CO_2 aus der chemischen Verbindung; dieselbe tritt jedoch alsbald wieder in ihre chemische Verbindung zum Kalk zurück, wenn eine Abkühlung eintritt.

In ganz ähnlicher Weise verhalten sich nun innerhalb der Blutbahn die CO_2-haltigen, aber auch die O-haltigen chemischen Verbindungen: also das Oxyhämoglobin und das CO_2-Paraglobulin. Auch sie zeigen den Process der Dissociation (Donders). Befinden sich nämlich diese Gasverbindungen in einer Umgebung, in denen der Partiardruck dieser Gase sehr gering ist (die also sehr arm an ihnen sein muss), so dissociiren sich die Verbindungen, d. h. sie geben CO_2 oder O an die Umgebung ab. Treten sie nunmehr jedoch wieder in eine Umgebung, in der wegen des Reichthums an diesen Gasen der Partiardruck des O oder der CO_2 hoch ist, so nehmen sie wieder diese Gase in chemischer Verbindung auf.

Dissociation der CO_2 und des O im Blute.

Das Hämoglobin des Lungencapillarblutes findet in den Alveolen reichlichen O, daher vereint sich hier dasselbe unter dem hohen Partiardruck des O zu der chemischen Verbindung des Oxyhämoglobins. Auf seinem Wege durch die Capillaren des grossen Kreislaufes kommt es in Berührung mit O-armen Geweben: es dissociirt sich das Oxyhämoglobin, sein O fällt den Geweben zu und befreit von diesem O kommt das Blut zum rechten Herzen, und von da zur Lunge zurück, um auf's Neue O aufzunehmen.

Die CO_2 trifft das kreisende Blut am reichlichsten in den Geweben an; der hohe Partiardruck der CO_2 an dieser Stelle bewirkt, dass sich ein Blutbestandtheil mit der CO_2 zu einer chemischen Verbindung vereinigt. In der Lunge jedoch, in der ein niedriger Partiardruck für CO_2 herrscht, dissociirt sich das Gas und die CO_2 gelangt in der Lunge zur Ausscheidung. — Es ist so einleuchtend, dass von Seiten des Blutes Abgabe von O und Aufnahme von CO_2 in den Geweben, und umgekehrt, Aufnahme von O und Abgabe von CO_2 in den Lungen neben einander verlaufende Processe sind.

Ueber die durch die Respiration, vornehmlich in den Lungen hervorgerufene Verwandlung des venösen Blutes in arterielles und die Unterschiede dieser beiden Blutarten, siehe das Nähere 45, pg. 69.

137. Die Hautathmung.

Befindet sich ein Mensch oder ein Thier in der Kammer eines Athmungsapparates (etwa von Scharling oder von v. Pettenkofer), und werden hierbei durch Röhren die zur Lunge hin und von ihr weg führenden Gase durch ein Athmungsrohr so geleitet, dass in die Kammer nichts vom Gaswechsel der Lunge übertritt, sondern nur die „Perspiration" der Haut allein, so gelingt es über die Hautathmung Aufschlüsse zu erhalten. Weniger correct ist die Procedur, den ganzen Kopf des Wesens ausserhalb des Kastens zu lassen und den Hals in der Kammerwand einzudichten.

Der gesunde Mensch erleidet durch die Haut einen 24stündigen Gewichtsverlust $= 1/_{67}$ seines gesammten Körper-

Gewichtsverlust durch die Haut.

Abgabe von CO_2 und Wasser. gewichtes (Séguin), der noch einmal so gross ist, als der Verlust durch die Lungen, oder sich zu letzterem wie 3 : 2 verhält (Valentin 1843). Von diesem grossen Gewichtsverlust kommen nur 10 Gr. (Scharling) oder nur gar 3,9 Gr. (Aubert) auf CO_2-Abgabe; alles andere umfasst die Wasserverdunstung. Steigerung der Umgebungstemperatur vermehrt die CO_2-Abgabe (Gerlach) sogar bis über das Doppelte des ursprünglichen Gewichtes (Aubert); — ähnlich wirkt lebhafte Muskelthätigkeit.

Aufnahme von O. Auch O-Aufnahme seitens der Haut ist constatirt worden, entweder dem Volumen der abgeschiedenen CO_2 gleich (Regnault und Reiset) oder etwas weniger.

Da somit die CO_2-Ausscheidung durch die Haut nur etwa $^1/_{220}$ der Lungenausscheidung, und die O-Aufnahme nur etwa $^1/_{180}$ der Lungenaufnahme beträgt, so ist die respiratorische Thätigkeit der äusseren Haut jedenfalls nur gering anzuschlagen. Thiere, welche, nachdem ihre Haut durch Ueberfirnissen inperspirabel gemacht ist, constant zu Grunde gehen, sterben daher auch nicht an Erstickung, sondern aus anderen Gründen (siehe: Künstliche Herabsetzung der Körpertemperatur).

Hautgaswechsel bei Thieren. Thiere mit dünner und durchtränkter Epidermis (Frosch) liefern einen viel erheblicheren Hautgaswechsel, der hier wesentlich den Lungengaswechsel unterstützt, ja eventuell denselben theilweise sogar ersetzen kann. — Bei Warmblütern mit dicken trockenen Epidermoidalgebilden ist der cutane Gaswechsel noch geringer, als beim Menschen.

138. Innere Athmung.

Wesen derselben. Man versteht unter dem Namen „innere Athmung" den Gasaustausch zwischen den Capillaren des grossen Kreislaufes und den Geweben der verschiedenen Körperorgane. Da die C-haltige organische Materie der Gewebe während ihrer lebendigen Thätigkeit einer allmäligen Oxydation unter CO_2-Bildung unterworfen ist, so wird sich annehmen lassen: 1. Dass der vornehmste Herd der O-Aufnahme und der CO_2-Bildung innerhalb der Gewebe selbst zu suchen sei. Dass der O vom Capillarblute aus schnell in die Gewebe eindringt, geht daraus hervor, dass dasselbe in den Haargefässen schnell CO_2-reicher und O-ärmer wird, während O-reiches Blut in der Wärme ausserhalb des Körpers aufbewahrt viel langsamer und unvollkommener sich verändert. Legt man jedoch frische Gewebsstücke in O-reiches defibrinirtes Blut, so nimmt ebenfalls der O schnell ab (Hoppe-Seyler). — Wäre ferner nicht in den Geweben, sondern im Blute selbst der Hauptsitz der Verbrennung, so müssten, wenn man dem Blute den O vorenthielte (bei der Erstickung) die zu oxydirenden, also reducirend wirkenden, O-verbrauchenden Stoffe im Blute sich merklich anhäufen. Dies ist nicht der Fall, denn auch das

Die Gewebe als Sitz des Gasaustausches.

Blut der Erstickten enthält nur Spuren reducirender Stoffe (Pflüger). Die O-Aufnahme in die Gewebe kann sogar in der Weise erfolgen, dass eine Aufspeicherung desselben (vielleicht zur Bildung intermediärer niedrigerer Oxydationsstufen) vorübergehend stattfindet, wie v. Pettenkofer und Voit es für den Schlaf nachgewiesen haben; hierauf folgt dann wieder eine Periode reichlicher CO_2-Absonderung. So braucht also O-Aufnahme und CO_2-Abgabe auch in den Geweben nicht stets parallel in gleichem Masse zu erfolgen.

Gase der Körperhöhlen und Säfte.

Ein klares Bild von der CO_2-Entwicklung in den Geweben zeigt sich darin, dass in den Körperhöhlen, ihren Gasen und Flüssigkeiten ein reicherer CO_2-Gehalt angetroffen wird, als in dem Capillarblute. Pflüger und Strassburg fanden nämlich den CO_2-Gehalt:

im arteriellen Blute	21,28	Mm. Quecksilber-Spannung
in der Darmhöhle	58,5	„ „ „
im sauren Harne	68,0	„ „ „
in der Galle	50,0	„ „ „
in der Hydrocelenflüssigkeit eines Mannes	46,5	„ „ „

Dieser Reichthum der genannten Säfte dem Blute gegenüber kann nur daher rühren, dass von Seiten der Gewebe die in ihnen erzeugte CO_2 denselben zugeführt wird.

Gase der Lymphe.

In der Lymphe des Ductus thoracicus ist die CO_2-Spannung (= 33,4 bis 37,2 Mm. Hg.) zwar grösser als im arteriellen Blute, aber doch erheblich geringer, als in dem venösen Blute (= 41,0 Mm. Hg.). Es berechtigt diese Erscheinung noch nicht zu dem Schlusse, dass in den Geweben, aus denen sich die Lymphe sammelt, nur wenig CO_2 erzeugt werde.

Es gestattet diese Thatsache vielmehr die Annahme, dass in der Lymphe entweder eine geringere Attractionskraft für die in den Geweben gebildete CO_2 bestehe, als im Capillarblute, in welchem für ihre wenigstens theilweise Bindung chemische Kräfte thätig sind, — oder dass auf dem sehr langsamen Lymphstrome CO_2 zum Theil durch Spannungsausgleich an die Gewebe wieder abgegeben werde, — oder endlich, dass noch im Blute selbstständig CO_2-Bildung statthabe. Ueberdies ist darauf hinzuweisen, dass gerade die Muskeln, die als hervorragendste CO_2-Bildner bekannt sind, die CO_2 sehr reichlich dem Blute abgeben, da ihr Gewebe relativ arm an Lymphgefässen ist.

Der Gehalt vorbenannter Säfte und Gase an nicht gebundener, „auspumpbarer“ CO_2 deutet darauf hin, dass die CO_2 im ungebundenen, freien Zustande aus den Geweben in das Blut übertritt, doch glaubt Preyer, dass in das Venenblut auch CO_2 in chemischer Bindung hinübergeführt werde.

Gaswechsel in den Geweben.

Der Wechsel von O und CO_2 in den verschiedenen Geweben ist von sehr verschiedener Grösse: in erster Linie sind die Muskeln zu nennen, die zumal in thätigem Zustande grosse Mengen CO_2 abscheiden und O verzehren. Die O-Zehrung geht in diesem Gewebe so energisch vor sich, dass im Muskelgewebe freier auspumpbarer O überhaupt nicht gefunden werden kann (L. Hermann). — Während der Thätigkeit der Gewebe steigt der Gaswechsel in denselben. Hiervon machen auch die secernirenden Speicheldrüsen, die Nieren und das Pancreas keine Ausnahme, denn wenn auch bei diesen während der Absonderung das Blut durch die erweiterten Gefässe hellroth abfliesst, so wird doch die hierdurch documentirte relative Verminderung der CO_2 in dem Venenblute durch ihre absolute Vermehrung in der bedeutend gesteigerten Masse des Durchströmungsblutes wohl übercompensirt (Vgl. pg. 267).

O-Verbrauch und CO_2-Bildung im Blute.

2. Im Blute selbst ist, wie in allen Geweben, eine Stätte der O-Verzehrung und CO_2-Erzeugung. Dies beweist schon die Thatsache, dass das aus dem Körper entleerte Blut

O-ärmer und CO_2-reicher wird; ferner der Umstand, dass im O-freien Blute Erstickter immerhin, wenn auch nur geringe Mengen reducirender Stoffe sich finden, die nach O-Zutritt sich oxydiren (A. Schmidt). — Immerhin ist dieser Gaswechsel gegenüber dem in allen übrigen Körpergeweben nur gering.

Betheiligung der Gefässwände. Dass auch die Gefässwände, zumal durch ihre eingewebten Muskeln (hauptsächlich in den kleinen Arterien) O verzehren und CO_2 produciren, ist unbestreitbar, wenn auch dieser Process nur so gering ist, dass das Blut auf seiner ganzen arteriellen Bahn dem Auge keine Farbenveränderung gewahren lässt.

Dass innerhalb des Blutes wirklich Umsetzungen zu CO_2 vorkommen können, hat C. Ludwig mit seinen Schülern weiterhin durch eigenartige Experimente bewiesen. Wurde (das leicht oxydirbare) milchsaure Natron dem Blute beigemischt, und dieses Gemisch durch die Adern eines frisch ausgeschnittenen („überlebenden") Organes, wie Niere und Lunge, hindurch geleitet, so zeigte sich eine reichlichere O-Verzehrung und CO_2-Bildung in diesem Mischblute, als in vergleichsweise durchgeleitetem unvermischten Blute.

Betheiligung der Lungen. 3. Dass auch die lebendigen Lungen (in welche Lavoisier irrthümlich die ganze CO_2-Bildung verlegte) in ihrem Gewebe O verbrauchen und CO_2 erzeugen, kann schon von vornherein als wahrscheinlich erschlossen werden. Liessen C. Ludwig und Müller durch die Gefässe einer luftleer gemachten Lunge arterielles Blut strömen, so konnte in demselben O-Abnahme und CO_2-Zunahme constatirt werden.

Da die zeitweilig im Gesammtblute sich findende CO_2 und der O im Ganzen nur gegen 4 Gr. betragen, die täglich ausgeschiedene CO_2 jedoch 900 Gr. und der aufgenommene O 744 Gr. ausmachen, so ist es ersichtlich, dass der Gaswechsel mit grosser Schnelligkeit erfolgen, dass sehr schnell der aufgenommene O verwendet und die gebildete CO_2 entleert werden muss.

Vielleicht befördert das Ozon die Verbrennung, Immerhin bleibt es noch auffallend, dass so umfassende Oxydationsprocesse, wie die Verbrennung des C zu CO_2 im Körper, bei der relativ so niedrigen Temperatur des Blutes und der Gewebe vor sich gehen kann. Man hat zur Erklärung darauf hingewiesen, dass das Blut als Ozon-Erreger und Ueberträger den viel energischer oxydirend einwirkenden activen O den Geweben zutragen könne. Sodann hatte schon Liebig darauf aufmerksam gemacht, dass die alkalische Reaction des Blutes und der meisten Parenchymsäfte die Oxydationsprocesse wesentlich begünstigen müsse. Denn zahlreiche organische Substanzen, welche vom O allein nicht verändert werden, oxydiren leicht bei Gegenwart freier Alkalien, z. B. die Gallussäure, die Pyrogallussäure und der Zucker.

ebenso die alkalische Reaction.

Viele organische Säuren ferner, welche durch Ozon allein keine Veränderuug erleiden, werden als Alkalisalze in CO_2-Salze übergeführt (Gorup-Besanez); in gleicher Weise gehen sie, für sich allein in den Thierkörper gebracht, unverändert (ganz oder zum Theil) in die Ausscheidungen (Harn) über, als Alkaliverbindungen jedoch verwandeln sie sich in CO_2-Salze.

139. Athmung im abgesperrten Raume,

und bei künstlich verändertem Gehalt an O und CO_2 der Athmungsluft.

Erscheinungen. Die Athmung im abgesperrten Raume hat zur Folge 1. die allmähliche Verminderung des O, — 2. die gleichzeitige Vermehrung der CO_2 — und 3. eine Verminderung des Gasvolumens. Ist der abgesperrte Raum nur von mässigem Umfange, so verzehrt das Thier daraus den O fast vollständig (Nysten) und unter Erstickungskrämpfen erfolgt schliesslich der Tod. Es findet also die O-Aufnahme (unabhängig von den Absorptionsgesetzen) durch chemische Bindung statt. In dem Blute der Erstickten ist der O ebenfalls fast völlig aufgezehrt (Setschenow).

Athmen in kleineren Räumen.

Athmen in grösseren Räumen. In grösseren abgeschlossenen Räumen kommt es eher zu einer reichlichen CO_2-Ansammlung, als zu einer das Leben bedrohenden O-Verminderung. Da die CO_2-Ausscheidung aus dem Körper nur erfolgen kann, wenn die CO_2-Spannung im Blute grösser ist, als in der umgebenden Luft, so wird mit zunehmender CO_2-Ausathmung in den abgeschlossenen Raum alsbald CO_2 - Retention, ja schliesslich CO_2-Zurücktritt in den Körper statthaben. Dies erfolgt in grösseren Sperrräumen zu einer Zeit, in der der O zum Leben noch ausreicht. Es tritt daher hier der Tod direct durch CO_2-Vergiftung ein unter den Erscheinungen vorübergehender Reizbarkeit, der sich Betäubung und Abkühlung anschliessen. So starben Kaninchen, nachdem dieselben einen Theil der nachweisbar vorher von ihnen ausgeschiedenen CO_2 zurück aufgenommen hatten (W. Müller).

Athmen in O. In reinem O athmen Thiere völlig normal, die Menge des aufgenommenen O und der abgeschiedenen CO_2 ist von dem O-Gehalt ganz unabhängig, erstere erfolgt also durch chemische Bindung unabhängig vom Druck. In O - gefüllten abgesperrten Räumen sterben Thiere schliesslich durch Zurückaufnahme ihrer ausgeschiedenen CO_2. W. Müller sah so Kaninchen verenden, nachdem sie die Hälfte ihres Körpervolumens CO_2 aufgenommen hatten, trotzdem die abgesperrte Luft noch über $50^0/_0$ O enthielt.

Athmen in O-ärmeren Gasgemischen. Thiere können noch völlig ruhig ein Luftgemisch athmen, in welchem nur $14{,}8^0/_0$ (20,8 Vol. Proc. ist der Normalgehalt der Luft) an O sind, bei $7^0/_0$ werden sie schwerathmig, bei $4{,}5^0/_0$ O tritt hochgradige Dyspnoë, bei $3^0/_0$ O ziemlich rasche Erstickung ein (W. Müller). [Die unter normalen Verhältnissen vom Menschen ausgeathmete Luft enthält noch zwischen $14-18^0/_0$ O.]

Athmen in künstlichen Gasgemischen. Bietet man Thieren ein der atmosphärischen Luft ähnliches Gasgemenge, in welche N durch H ersetzt ist, so athmen die Thiere völlig wie normal (Lavoisier und Seguin); der H des Gemisches erlitt keine nennenswerthe Mengen-Veränderung.

Cl. Bernard fand, dass beim Athmen im abgesperrten Raume eine bis auf einen gewissen Punkt gehende Gewöhnung an die successiv verschlechterte Luft statthat. Liess er einen Vogel unter einer Glasglocke verweilen, so lebte er mehrere Stunden. Wurde jedoch vor seinem Tode ein anderer aus der frischen Luft hinzugesetzt, so sank dieser sofort unter Convulsionen hin.

140. Athmen fremdartiger Gase.

Es soll hier ein für allemal bemerkt werden, dass kein Gas ohne hinreichende O-Beimischung das Leben erhalten kann, es entsteht vielmehr ohne O auch bei allen sonst völlig unschädlichen und indifferenten Gasen natürlich schnelle Erstickung (in 2—3 Minuten).

I. Völlig indifferente Gase sind N und H und CH_4 (Grubengas). Das lebendige Blut eines diese Gase athmenden Thieres gibt in diese Gase keinen O ab (Pflüger).

II. Giftige Gase.

a) O-verdrängende: 1) CO (siehe 21, 22, pag. 40). — 2) CNH, Blausäure, verdrängt (?) O aus dem Hämoglobin, mit dem es eine stabilere Verbindung eingeht, und tödtet äusserst schnell. Es verhindert weiterhin die Ozonisirung des O im Blute. Blutkörperchen mit Blausäure beladen, verlieren die Fähigkeit Wasserstoffsuperoxyd zu Wasser und O zu zersetzen. (Vgl. pag. 42.)

b) Narkotisirende: 1) CO_2. v. Pettenkofer bezeichnet eine Luft von 0,1% CO_2 als „schlechte Luft", doch rührt das in derselben empfundene Unbehagen (z. B. in überfüllten Räumen) mehr von den ausgeathmeten widrigen Dünsten unbekannter Natur, als von der CO_2 selbst her. Luft mit 1% CO_2 erzeugt merkliches Unbehagen, bei 10% wird das Leben ernstlich gefährdet, bei noch höheren Graden tritt der Tod unter den Erscheinungen der Betäubung ein. — 2) N_2O (Stickoxydulgas) eingeathmet (mit $^1/_5$ Vol. O vermischt) bewirkt in $1^1/_2$ bis 2 Minuten einen schnell vorübergehenden besonders lustigen Rauschzustand („Lustgas" Davy), welchem eine vermehrte CO_2-Ausscheidung folgen soll.

c) Reducirende: 1) H_2S. Der Schwefelwasserstoff entzieht schnell den rothen Blutkörperchen allen O, wobei sich durch Oxydation S und H_2O bildet; hierdurch tritt schon schleuniger Tod ein, bevor noch das Gas eine Zerlegung des Hämoglobins unter Fällung des globulinartigen Eiweisskörpers bewirken konnte, die weiterhin beobachtet wird (Hoppe-Seyler).

2) PH_3. Der Phosphorwasserstoff wird im Blute zu phosphoriger Säure und Wasser oxydirt unter Zersetzung des Hämoglobins (Dybkowski, Koschlakoff und Popoff).

3) AsH_3 Arsenwasserstoff und SbH_3 Antimonwasserstoff wirken dem Phosphorwasserstoff analog, lassen überdies das Hämoglobin aus dem Stroma austreten, so dass hämoglobinreiche Ausscheidungen (Harn) erfolgen.

4) C_2N_2, Cyangas, wirkt O entziehend und weiterhin das Blut zersetzend (Rosenthal und Laschkewitsch).

III. Irrespirabele Gase, völlig uneinathembar, indem beim Eintritt in den Kehlkopf reflectorischer Stimmritzenkrampf entsteht. Gewaltsam in die Luftwege gebracht, bewirken sie lebhafte Entzündungen und weiterhin Zerstörungen und den Tod. Es sind (H Cl) Chlorwasserstoffsäure, — (H Fl) Fluorwasserstoffsäure, — (H_2SO_3) schwefelige Säure, — (N_2O_4) Untersalpetersäure, — (N_2O_3) salpetrige Säure, — (NH_3) Ammoniak, — (Cl) Chlor, — (Fl) Fluor, — ($\bar{O}$) Ozon.

141. Anderweitige schädliche Beimengungen der Athmungsluft.

Verunreinigung der Luft durch Staub.

Zu den Verunreinigungen der Luft, welche in grossen Mengen und bei anhaltender Einwirkung benachtheiligend auf die Gesundheit einwirken, gehören die massenhaft suspendirten Staubtheilchen. Durch die intacten Flimmerepithelien der Respirationsorgane wird ein grosser Theil dieser Partikeln wieder nach aussen eliminirt. Theilweise aber durchbohren die Staubtheilchen die Epithelien der Lungenbläschen, gelangen so in das interstitielle Lungengewebe, und von da so auch häufig durch die Lymphgefässe bis zu den Lymphdrüsen der Lungen. So findet sich in den Lungen aller älteren Individuen Kohlenstaub niedergeschlagen, der die Alveolen schwärzt. In mässigen

Mengen sind diese Stoffe im Gewebe unschädlich, kommt es jedoch zu massenhafter Ablagerung, so kann dies zu Lungenkrankheiten, die bis zum Zerfalle dieser Organe führen können, Veranlassung geben. Manche Gewerbe bringen das Arbeiten in staubreicher Atmosphäre mit sich, und daher stammt die Gesundheitswidrigkeit derselben. Köhler, Schleifer, Steinhauer, Feiler, Weber, Spinner, Tabaksarbeiter, Säger, Müller und Bäcker leiden in ihren Lungen vielfach unter dem Staube ihrer Gewerbe.

Staubinfiltration der Lungen.

Zweifellos ist es ferner, dass wir mit der eingeathmeten Luft vielfach auch die Keime von ansteckenden Krankheiten mit in unsere Athmungsorgane aufnehmen, von wo aus sie sich in den Körper hineinbegeben. So localisiren sich zunächst die Diphtheritisbacterien im Rachen und im Kehlkopf, — der Rotz in der Nase, — die Masern in den Bronchien, — die Keuchhustenpilze in den Bronchien, — die Heufieber-Monaden in der Nase, — das (höchst wahrscheinlich auch als Infectionsstoff zu betrachtende) krankmachende Agens bei der Lungenentzündung in den Lungenbläschen. Manche Krankheitskeime gelangen mit der Luft in die Mundhöhle und werden von hier verschluckt, so dass sie nun im Intestinaltractus zur Entwicklung kommen. So ist es vielleicht bei der Cholera und dem Typhus der Fall.

Keime niederer Organismen.

142. Ueber Erneuerung der Luft in den Wohnräumen (Ventilation).

Frische Luft ist für den Gesunden wie für den Kranken eine der nothwendigsten Bedingungen für die gedeihliche Ausführung der Lebensprocesse. Man kann annehmen, dass in den gewöhnlichen Wohnräumen einer hinreichenden Erneuerung der Luft entsprochen wird, wenn man für jeden Bewohner 800 Cub.-Fuss, für jeden Kranken gegen 1000 Cub.-Fuss Zimmerraum verlangt. Hiernach wäre für Wohnungen, Schulen, Casernen, Strafanstalten, Krankenzimmer der für die Insassen nothwendige Raum zu bemessen, und es dürfte nur nach diesem Verhältniss eine Belegung der Räume mit Individuen erfolgen. Man ist von dieser Norm jedoch in verschiedenen Ländern nicht unerheblich abgewichen. Man rechnet in Frankreich nur 42 Cub.-Fuss pro Kopf in den Casernen; 60 Cub.-Fuss in Krankenzimmern; — in Preussen gibt die Caserne 420—500 Cub.-Fuss für jeden Soldaten, das Lazareth 600—720 Cub.-Fuss; in England werden 600 Cub.-Fuss pro Kopf berechnet; — in Oesterreich in den Casernen $2^1/_4$ Cub.-Klafter; — im ehemaligen Königreich Hannover 700—800 Cub.-Fuss.

Erforderliche Grösse des Wohnraums.

In übermässig überfüllten Räumen steigt zunächst der CO_2-Gehalt der Luft: v. Pettenkofer fand den normalen Gehalt der Luft (= 0,5 pro mille) gesteigert im behaglichen Wohnzimmer auf 0,54—0,7 pro mille, — in schlecht gelüfteten Krankenstuben auf 2,4 p. m., — in stark gefüllten Hörsälen auf 3,2 p. m., — in Schänken auf 4,9 p. m., — in Schulzimmern auf 7,2 p. m. Wenngleich es nun nicht die CO_2-Menge ist, durch welche die Luft stark bewohnter Räume schädlich wirkt, sondern die Ausdünstungen von den äusseren und inneren Körperflächen, die zugleich die Luft widerlich für das Geruchsorgan machen, so gibt doch der CO_2-Gehalt Anhaltspunkte über den Grad der Luftverderbniss überhaupt.

Luft überfüllter Räume.

Soll in bewohnten Räumen die Luft sich dauernd gut erhalten, so ist es nothwendig, dass auf die Menge der darin von den Bewohnern ausgeathmeten Luft in der gleichen Zeit das 200fache Volumen frischer Luft in den Wohnraum einströme (v. Pettenkofer). Hierbei wird für den Erwachsenen im Mittel pro Stunde 300 Liter (enthaltend 12 Liter CO_2) ausgeathmeter Luft gerechnet; demselben muss also das 200fache (= 60 Cub.-Meter) an frischer Ventilationsluft entsprechen.

Grösse der nöthigen Ventilation.

In den gewöhnlichen Wohnräumen, in denen für jeden Bewohner das nothwendige Mass an Raum (800 Cub.-Fuss) gegeben ist, erneuert sich die Luft hinreichend durch die zahlreichen Poren, welche die Wände der Räume besitzen, sowie durch das Ein- und Ausgehen, ferner im Winter durch die Oefen, wie man an dem Constantbleiben des CO_2-Gehaltes leicht ermessen kann.

Namentlich tritt bei erheblicherer Temperaturdifferenz im Innern des Zimmers und in der Aussenluft (im Winter) eine mehr als nothwendige Ventilation ein. Ist jedoch von vornherein der Cubikraum für jeden Bewohner zu gering bemessen, wie in stark belegten Spitälern, engen Schiffsräumen u. dgl., so ist durch künstliche Ventilationsvorrichtungen für die nothwendige Lufterneuerung Sorge zu tragen. Dasselbe muss geschehen, wenn von Kranken üble Dünste abgegeben werden.

Künstliche Ventilation.

Wirkung feuchter Wände.

Vor allen Dingen ist jedoch wohl zu berücksichtigen, dass durch Feuchtigkeit der Wände die natürliche Ventilation durch die Poren derselben hindurch enorm beeinträchtigt wird. Zugleich wirken feuchte Wände durch ihre stärkere Wärmeleitung beeinträchtigend auf die Gesundheit, sowie auch dadurch, dass in ihnen, wie im feuchten Untergrund überhaupt, die Keime von Ansteckungskrankheiten sich entwickeln können (Lindwurm). Durch einen lebhaft geheizten Ofen wird etwa 40 bis 90 Cub.-Meter Luft pro Stunde ventilirt.

Zu Zwecken der Ventilirung sind sehr verschiedene Vorrichtungen angegeben worden, theils Aspirations-Ventilirung, durch welche der Luftwechsel durch Saugkraft hergestellt wird, — theils Pulsionsventilirung, bei der durch die Wirkung mechanischer Kraftmaschinen die Lufterneuerung durch Pumpen bewirkt wird.

Praktische Methode zur Bestimmung der CO_2 in Wohnräumen nach v. Pettenkofer.

Zur Bestimmung des CO_2-Gehaltes der Luft in verschiedenen Wohnräumen verfährt man nach v. Pettenkofer so: Man bereitet eine Aetzbaryt-Lösung, indem man eine concentrirte Lösung dieser Substanz auf das 3fache des Volumens mit destill. Wasser verdünnt. Eine geräumige (6-Liter-) Flasche wird mit der Luft des zu untersuchenden Raumes angefüllt, indem man mit Hilfe eines Blasebalges längere Zeit bis auf den Boden der Flasche einbläst. Nun giesst man mit einer Pipette 45 Ccmtr. der Barytlösung in die Flasche, schliesst mit einer Kautschukkappe und schüttelt 2 Stunden lang. Dadurch ist alle CO_2 an die Barytlösung getreten. Hierauf gibt man 30 Ccmtr. der so geschüttelten Lösung in eine Medicinflasche und lässt aus einer graduirten Bürette so lange (unter Schütteln) von einer Normal-Oxalsäurelösung einlaufen, bis ein Tröpfchen des Gemisches auf gelbes Curcuma-Papier gebracht, nicht mehr einen braunen Rand bildet, d. h. bis die Reaction völlig neutral ist. (Zur Darstellung der Normaloxalsäurelösung löst man reine Oxalsäure 2,8636 Gr., die zur Trocknung 4 Stunden unter einer Glasglocke über conc. Schwefelsäure gestanden hat, in 1 Liter Wasser; 1 Ccmtr. dieser Lösung entspricht in seiner Stärke 1 Millgr. CO_2.) Die Zahl der verwendeten Cub.-Cmtr. Säurelösung wird genau notirt. Nun wird in gleicher Weise 30 Ccmtr. der Aetzbarytlösung (mit der weiter nichts gemacht ist) durch die Normalsäurelösung bis zur völligen Neutralisation titrirt; auch hier wird die Menge der verwendeten Säurelösung notirt. Durch Subtraction findet man die Differenz der in beiden Titrirungen verwendeten Normalsäuremengen. Für jeden Cub.-Cmtr. der zu der mit der CO_2-haltigen Luft geschüttelten Barytlösung weniger verwendeten Normalsäurelösung rechnet man 1 Mgr. CO_2 und addirt (in Anbetracht, dass von 45 Ccmtr. Barytlösung nur 30 titrirt sind) noch zu dem gefundenen Werthe die Hälfte hinzu. Das Resultat gibt die Menge der CO_2 in 6 Liter Luft.

143. Das Sputum.

Das normale Sputum und seine Bestandtheile.

Selbst unter ganz normalen Verhältnissen kommt es unter Räuspern und Husten zum Auswerfen schleimig-klebriger Massen, die dem gesammten Respirationscanale entstammen können und stets mit etwas Speichel gemischt oder benetzt sind. Bei Katarrhen oder tieferen Erkrankungen des Athmungsapparates wird der Auswurf reichlicher und oft mit charakteristischen Beimischungen versehen.

Mikroskopisch finden sich im Sputum folgende Bestandtheile:

1. Epithelzellen: und zwar vorwiegend Pflasterzellen aus der Mund- und Rachenhöhle, seltener Alveolenepithel, noch seltener flimmerndes aus den gröberen Luftcanälen. Unter den Epithelien finden sich nicht selten Veränderungen derselben durch Maceration, wozu auch die Cylinderzellen zu rechnen sind, die ihre Wimpern bereits verloren haben.

2. Lymphoidzellen, als ausgewanderte weisse Blutkörperchen zu betrachten, sehr zahlreich in dem gelben Auswurf, spärlicher in dem glasig durchsichtigen. Auch die Lymphoidzellen befinden sich im Sputum vielfach in veränderter Gestalt und im Zustande der Auflösung und Zersetzung: sie können geschrumpft, stark fettig gekörnt, zum Theil als Körnchenconglomerate auftreten; endlich zeigen isolirte Kerne den Zerfall des Zellenleibes an.

Die flüssige Substanz des Sputums enthält viel Schleim, aus den Schleimdrüschen und den Becherzellen herstammend, sodann, je nach der Reichlichkeit der Beimengung, die Bestandtheile des Speichels. Eiweiss findet sich nur im Sputum bei Entzündung der Luftwege; seine Menge wächst mit dem Grade der Entzündung selbst.

Das Sputum in Krankheiten.

Bei Katarrhen pflegen die Sputa anfangs glasig-zäh und schleimig zu sein (Sputa cruda), nach längerem Verlaufe consistenter und gelb (Sputa cocta).

Unter pathologischen Verhältnissen kommen in den Sputis vor:

a) Rothe Blutkörperchen, stets aus einer Zerreissung von Gefässen herstammend.

b) Elastische Fasern aus zerstörten Alveolen der Lungen: meist sind es kleine Bündel zarter Fasern, die noch in ihrer gebogenen Anordnung die rundliche Wand der Alveolen andeuten (Vgl. pg. 209 Figur 50 e e). Sie zeigen natürlich stets eine Destruction des Lungengewebes an.

c) Viel seltener sind grössere, mehrere Alveolen umfassende Lungentrümmer bei schnellem und weitgreifendem Lungenzerfall, — ebenso kleine Faserknorpelstückchen oder glatte Muskelfasern aus den kleinen Luftcanälen.

d) Farblose Faserstoffgerinnsel, meist als Abgüsse der kleineren oder grösseren Luftcanälchen zu erkennen, finden sich bei Entzündungen der Lungen oder der Bronchien, die mit einer fibrösen Ausschwitzung in die Canälchen einhergehen. So finden sie sich oft bei der Lungenentzündung bei Erwachsenen, — beim Croup der Bronchien, — sowie auch selten bei heftiger Grippe.

e) Krystalle verschiedener Art werden nicht selten im pathologischen Sputum gefunden: Fettsäurekrystalle in Bündeln feiner Nadeln angeordnet, meist in weisslich käsig-schmierigen stinkenden Klümpchen des Sputums belegen. Sie zeigen einen tieferen Zersetzungsprocess der stagnirenden Secrete und der von ihnen bedeckten Gewebe an. — Farblose gestreckt-spitzige Octaeder oder rhombische Täfelchen (Charcot'sche Krystalle) unbekannter Natur [vielleicht Tyrosin, (Friedreich, Huber)] fand man im Auswurf Asthmatischer, aber auch bei Affectionen der Bronchien. — Hämatoidinkrystalle aus alten Blutdepots in den Lungen sind seltener, ebenso Cholesterinkrystalle aus aufgebrochenen Eiterherden stammend; einmal wurden bei einem Asthmatischen Krystalle von oxalsaurem Kalk gesehen (Ungar).

f) Pilze und andere niedere Organismen finden sich nicht selten im Sputum. Häufig sind die Fäden von Leptothrix buccalis, die sich vom Zahnbelage losgelöst haben. Thallusfäden und Sporen finden sich im Auswurfe bei Soor, der als weisser wuchernder Belag meist im Munde der Säuglinge gefunden wird (Oïdium albicans), ferner beim Keuchhusten, aus den Bronchien stammend, der durch vorhandene Pilze hervorgerufen zu werden scheint

(Letzerich). In übelriechendem Auswurf vermisst man nicht leicht stäbchenförmige Bacterien. In sehr seltenen Fällen fand man bei der Lungenschwindsucht Sarcine, die öfter bei Magenkatarrhen im Magen, aber auch im Harne angetroffen wird (siehe Harn).

Rücksichtlich der äusseren Erscheinung unterscheidet man schleimige, schleimigeitrige und eitrige Sputa (Biermer).

Abnorme Färbungen können dem Sputum eigen sein: roth durch Blutfarbstoff; — länger in den Lungen verweilend, kann der Blutfarbstoff eine ganze Farbenscala durchlaufen (wie an äusserlich sichtbaren Blutbeulen) und so die Sputa färben: dunkelroth, blaubraun, braungelb, tiefgelb, gelbgrün, grasgrün. Gelb ist auch nicht selten das Sputum bei Gelbsüchtigen. Zufällig eingeathmete gefärbte Staubmassen können natürlich ebenfalls den Auswurf färben.

144. Wirkungen des Luftdruckes.

Belastung des Körpers durch den Luftdruck.

Bei herrschendem mittleren Luftdruck (Barometerstand) wird auf die gesammte Körperoberfläche ein Druck ausgeübt, der seiner Flächenausdehnung entsprechend, 15.000 bis 20.000 Kilo beträgt (Galilei). Dieser Druck wirkt von allen Seiten her auf den Körper ein und setzt sich natürlich auch in die inneren Lufträume fort, welche entweder constant (Athmungscanal nebst Stirn-, Kiefer-, Keilbeinhöhlen), oder doch temporär (Digestionstractus, Paukenhöhle) mit der äusseren Luft in directer Communication sind. [Längerer Abschluss eines lufterfüllten Raumes (z. B. der Paukenhöhle) von der äusseren Luft bewirkt Verdünnung der Gase in demselben in Folge der O-Zehrung und der nicht in gleichem Volumen dahin abgegebenen CO_2.] — Da die Flüssigkeiten des Körpers (Blut, Lymphe, Secrete, Parenchymsäfte) so gut wie incompressibel sind, so wird ihr Volumen unter dem herrschenden Drucke als unverändert angesehen werden dürfen; dieselben werden jedoch dem herrschenden Drucke (resp. dem Partiardruck der einzelnen Gasbestände), sowie ihrer Temperatur entsprechend, Gase aus dem Luftmeere absorbiren müssen (vgl. 37, pag. 58). — Die festen Körperbestandtheile setzen sich bekanntlich aus zahllosen kleinsten Elementartheilchen (Zellen, Fasern) zusammen, von denen jedes nur eine mikroskopische Flächenausdehnung dem Drucke darbieten kann, so dass sich für jede Zelle der herrschende Luftdruck nur auf wenige Milligramm berechnen würde, ein Druck, dem auch die zartesten histologischen Gebilde mit Leichtigkeit gewachsen sind. — Als eine Wirkung des Luftdruckes auf grössere Massen ist noch hervorzuheben, dass durch die Adhäsion der glatten klebrigfeuchten Gelenkflächen des Schulter- und Hüftgelenkes gegen einander der Arm und der Schenkel ohne Muskelthätigkeit getragen werden, so dass z. B. das Bein, nachdem alle Weichtheile um den Schenkelhals nebst der Gelenkkapsel durchschnitten sind, noch in der Gelenkpfanne getragen wird (Gebr. Weber). Durchlöcherungen des Pfannengrundes vom Becken aus lassen, wie ich oft gesehen, den Schenkel nicht herausfallen, sondern bewirken nur, wie auch jede peripherische Verkleinerung der gegen einander adhärenten Knorpelflächen, eine Verminderung der Tragfähigkeit durch den Luftdruck.

Wirkung des Luftdruckes auf die Gelenke.

Wirkung der Barometerschwankungen.

Die gewöhnlichen Barometersteigerungen haben auf die Athemthätigkeit insofern Einfluss, als dieselben die Respirationsbewegungen etwas anregen; — die Abnahme des Luftdruckes wirkt umgekehrt. Die CO_2-Menge bleibt hierbei absolut dieselbe, ist jedoch in den selteneren Athemzügen bei niederem Barometerstand natürlich procentisch etwas erhöht (Prout, Vierordt) (vgl. pg. 244, 8).

Wirkungen der Luftdruckverminderung.

Stärkere Verminderung des Luftdruckes, wie sie bei Ballonfahrten (höchste Ascension 11.000 Meter) oder Bergbesteigungen vorkommt, hat eine Reihe charakteristischer Erscheinungen zur Folge: 1. In Folge starker Verminderung des Druckes auf die von der Luft direct berührten Flächen findet starke Congestion zu diesen statt; daher Röthung und Schwellung der Haut und der freien Schleimhäute bis zum Eintritt von Blutungen aus den zarteren Theilen (Nase, Lungen, Zahnfleisch), pralle Füllung der Hautvenen, reichlicher Schweissausbruch, starke Absonderungen der Schleimhäute. — 2. Gleichfalls directe Wirkungen des verminderten Druckes sind: Schwere in den Schenkeln, da der Luftdruck allein nicht mehr ausreichen soll (?), das Bein in der Pfanne zu tragen; — Hervorpressung der Trommelfelle durch die Luft der Paukenhöhle (bis durch die Tuba die Spannungsdifferenz ausgeglichen ist), und in Folge davon Ohrenreissen und selbst Schwerhörigkeit. — 3. In Folge der Verminderung der O-Spannung in der umgebenden Luft: Schwerathmigkeit, Brustbeklemmung, wobei die Athemzüge schneller (ebenso der Puls), tiefer und unregelmässig erfolgen. Daher auch unvollkommene Entfernung der CO_2 aus dem Blute, und geringere Lebhaftigkeit der Oxydationsprocesse im Körper, wobei namentlich allgemeine Mattigkeit hervortritt. — In Folge der Verminderung der Dichtigkeit der Luft ist dieselbe nicht im Stande im Kehlkopfe durch Schwingungen der Stimmbänder in kräftiger Weise tönend zu schwingen, daher die Stimme matt und verändert erscheint. — 5. In Folge der Blutwallung zu den äusseren von der Luft berührten Theilen werden die innern relativ blutarm; daher Verminderung der Harnsecretion, Muskelschwäche, Verdauungsstörungen, Umnebelung der Sinne, Ohnmachten (alle diese Erscheinungen unterstützt von 3).

Die Bewohner hoher Berggegenden werden mitunter von einer Krankheit befallen („Bergkrankheit"), die sich im Wesentlichen aus derartigen Symptomen, zumal der Anämie der inneren Organe zusammensetzt. Al. v. Humboldt fand bei Bewohnern der hohen Anden auffallende Geräumigkeit des Thorax. — Das Wasser 6000—8000 Fuss über dem Meere enthält nur noch etwa $1/3$ der absorbirten Luftmenge, daher Fische in demselben nicht mehr zu leben vermögen (Boussingault).

Verhalten der Thiere unter der Luftpumpe.

Thieren kann man unter dem Recipienten der Luftpumpe eine noch grössere Verdünnung der umgebenden Luft angedeihen lassen: hierbei sterben Vögel bei einer Erniedrigung des Luftdruckes bis auf 120 Mm. Hg; — Säuger bei 40 Mm. Hg; — Frösche ertragen sogar wiederholte Evacuation, wobei sie stark durch entweichende Gase und Wasserdämpfe aufschwellen, nach dem Luftzutritt jedoch äusserst collabiren. — Als Todesursache der Warmblüter erkannte Hoppe-Seyler Gasentwickelung im Blute, deren Blasen die Capillaren verstopfen, so dass der Kreislauf stockt. Ich habe diese Erscheinung oft bestätigen können, doch möchte ich daran erinnern, ob nicht etwa auch Entwickelung von Gasblasen in den Parenchymsäften, namentlich des Nervensystemes, durch mechanische Zerrung der Gewebe nachtheilig wirken könne.

Wirkung localer Luftverdünnung.

Locale Herabsetzungen des Luftdruckes haben starke Blutwallung und Gewebsschwellung der betreffenden Stelle zur Folge, wie am einfachsten der Schröpfkopf zeigt. Junod beschrieb als „Schröpfstiefel" einen zur Aufnahme einer ganzen Extremität bestimmten Luftverdünnungsapparat, der eine Herabsetzung des das Bein umgebenden Luftdruckes auf $1/3$ ermöglicht. Hierdurch werden gegen 2—3 Kilo Blut in den Schenkel aspirirt, und dem entsprechend andere Körpertheile vorübergehend blutärmer (ohne dass das Blut für den Körper dauernd verloren geht!). Die energische Application ist sehr schmerzhaft, doch ist die Nachwirkung selbst bis zu 48 Stunden anhaltend.

Erscheinungen des vermehrten Luftdruckes.

Starke Vermehrung des Luftdruckes. Die hierbei auftretenden Erscheinungen lassen sich grösstentheils als die entgegengesetzten von den bei Verminderung des Luftdruckes beobachteten herleiten. Die Erscheinungen sind vielfach beobachtet, theils in sogenannten pneumatischen Cabinetten, in denen zu Heilzwecken der Aufenthalt bei allmäliger Steigerung des Druckes auf $1^1/_5$, $1^2/_5$ Atmosphären und darüber statthat, theils in abgeschlossenen Behältern bei Wasserbauten, aus denen durch Lufteinpumpen das eindringende Wasser verdrängt wird (Triger). Hierbei arbeiteten die Menschen zum Theil sogar unter $4^1/_2$ Atmosphärendruck. Folgende Erscheinungen sind beachtenswerth: 1. Blässe und Trockenheit der äusseren Flächen, Collaps der Hautvenen, Abnahme der Perspiration und der Schleimhautabsonderungen. — 2. Einpressung der Trommelfelle (bis die Tuba, oft unter starkem Geräusch, die dichte Luft in die Paukenhöhle dringen lässt), anfänglich scharfe Gehörwahrnehmung, weiterhin aber auch oft Ohrenschmerzen und selbst Schwerhörigkeit. — 3. Gefühl der Leichtigkeit und Frische beim Athemholen. Die Athemzüge werden verlangsamt (um 2—4 in einer Minute), die Inspiration ist erleichtert und verkürzt, die Exspiration verlängert, die Pause deutlich. Die Lungencapacität nimmt zu (wegen freierer Beweglichkeit des Zwerchfelles in Folge der Verkleinerung der gashaltigen Därme). Wegen der lebhafteren Oxydation im Körper zeigt sich grössere Lebhaftigkeit und Leichtigkeit der Bewegungen. Liebig notirte eine Vermehrung der O-Aufnahme; Panum fand bei gleich grossem gewechselten Luftvolumen die CO_2-Abgabe vermehrt; das Venenblut erscheint mehr geröthet. — 4. Erschwerung des Sprechens, Aenderung des Stimmklanges, Unvermögen zum Pfeifen. — 5. Vermehrung der Harnsecretion, Steigerung der Muskelkraft, regerer Stoffwechsel, gesteigerter Appetit, subjectives Wärmegefühl. Der Pulsschlag ist verlangsamt, die Pulscurve erniedrigt. (Vgl. pg. 151.)

Bei excessiv hohem künstlichen Luftdruck fand Paul Bert bei Thieren im arteriellen Blute bis über 30 Vol.-Procente O (bei 760 Mm. Hg); — steigt der O-Gehalt bis auf 35 Vol.-Procente, so tritt der Tod ein unter Convulsionen. Schon bei niedrigerem O-Gehalt sinkt die Körperwärme, die Verbrennungsvorgänge im Körper nehmen merkwürdiger Weise ab, und in Folge davon ist die CO_2- und Harnstoff-Bildung beschränkt.

Wegen der belebenden und anregenden Wirkung des Aufenthaltes in mässig comprimirter Luft hat man seine Anwendung zu Heilzwecken angewandt, und gefunden, dass nach wiederholter Anwendung eine längere günstige Nachwirkung verblieb. Vor einer zu schnellen Drucksteigerung und ebenso vor einer zu schleunigen Entlastung ist zu warnen.

Waldenburg hat einen spirometerförmigen Apparat construirt, aus dessen Glocke entweder verdichtete Luft eingeathmet werden kann, oder in dessen mit verdünnter Luft gefüllte Glocke hinein ausgeathmet wird: beides in entsprechenden Fällen zu Heilzwecken.

145. Historischer Ueberblick.

Aristoteles (384 v. Chr.) hielt die Abkühlung für den Zweck der Athmung, um die innere Wärme zu mässigen. Er hatte völlig correct beobachtet, dass die wärmsten Thiere auch am intensivsten athmen; allein in der Interpretation kehrte er Ursache und Wirkung geradezu um: denn die Warmblüter athmen nicht der Wärme wegen (etwa zur Abkühlung), sondern sie sind warm der Athmung wegen (durch die Oxydation mit dem eingeführten Sauerstoff).

Durch Galen (131—203 n. Chr.) kam bereits die läuternde Wirkung des Respirationsorganes in Betracht, indem er annimmt, dass der „Russ" mit der exspiratorischen Luft aus dem Körper entfernt werde, zugleich mit dem ausgeathmeten Wasser. Von Galen rühren die wichtigsten Experimente über die Mechanik der Athmung: er constatirte, dass die Lungen lediglich passiv den Bewegungen des Thorax folgen, dass das Zwerchfell der wichtigste Athmungsmuskel sei, dass die Intercostales externi In-, die interni Exspiratoren seien. Er durchschnitt die Intercostal-Nerven und -Muskeln und sah darnach den Verlust der

Stimme eintreten. Nach stets höher hinaufreichenden Rückenmarks-Durchschneidungen fand er nach und nach höher liegende Thoraxmuskeln gelähmt. — Oribasius sah bei doppelseitigem Pneumothorax beide Lungen zusammensinken (360 n. Chr.). — Vesalius (1540) beschreibt zuerst die künstliche Athmung zur Wiederbelebung und zur Anregung des Herzschlages.

Die chemischen Vorgänge bei der Athmung konnten erst bekannt werden nach Entdeckung der einzelnen in Betracht kommenden Gase: Joh. Bapt. van Helmont (+ 1644) entdeckte die CO_2; Pristley fand 1770 die Ausscheidung der CO_2 durch die Athmung. — 1774 entdeckte Pristley den O; Lavoisier fand 1775 den N und eruirte zugleich die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft. Derselbe Forscher stellte dann auch die CO_2- und H_2O-Bildung bei der Athmung als das Resultat einer Verbrennung im Innern der Lungen dar. — Vogel und Andere wiesen mit Bestimmtheit CO_2 im venösen Blute, Hoffmann und Andere O im arteriellen nach.

Völliger Einblick in den Gaswechsel bei der Athmung konnte erst geschaffen werden, nachdem durch Magnus die Gase des arteriellen und venösen Blutes ausgepumpt und analysirt wurden. (Vgl. pg. 62.)

Physiologie der Verdauung.

146. Die Mundhöhle und ihre Drüsen.

Die Schleimhaut der Mundhöhle, welche an der Begrenzung des rothen Lippensaumes direct in die Haut der Lippen übergeht, trägt noch im Bereiche des rothen Saumes eine Anzahl von Talgdrüsen (Kölliker). Ihr Gewebe besteht aus zarten Bündeln fibrillären Bindegewebes mit Zügen feiner elastischer Fasern vermengt, die sich vielfach nach verschiedenen Richtungen hin durchweben. Gegen die freie Fläche hin bildet die Schleimhaut Papillen, von denen die grössten (0,5 Mm.) an den Lippen und am Zahnfleisch (darunter einige mit doppelter Spitze: Zwillingspapillen), die kleinsten am Gaumen und den faltenartigen Duplicaturen der Mucosa angetroffen werden. Das submucöse Gewebe, welches unmittelbar in die Schleimhaut selbst übergeht, ist am dicksten und straffsten, wo die letztere nicht verschiebbar dem Perioste der Kiefer und des Gaumens anhaftet, ausserdem in der Umgebung der Drüseneinlagerungen; an den verschiebbaren und gefalteten Theilen ist die Submucosa am zartesten. Ein vielgeschichtetes, überall kernhaltiges Plattenepithel begrenzt die Flächen der Mundhöhle, welches im Allgemeinen an denjenigen Regionen am mächtigsten und schichtenreichsten ist, welche die längsten Papillen aufweisen.

Talgdrüsen der Lippen.

Papillen.

Schleimdrüsen.

Zahlreiche Schleimdrüschen (nach der Region ihres Vorkommens Glandulae muciparae labiales, buccales, palatinae, linguales, molares genannt) liegen mit ihren, makroskopisch als weisse kleine Knötchen sichtbaren, Körpern im Gewebe der Submucosa. Sie repräsentiren den Typus der verästelten einfachen tubulösen Drüsen; die Acini haben eine structurlose Membrana propria und im Innern mehr kubisch gestaltete Secretionszellen mit länglichem Kerne; der Inhalt der Zellen besteht zum Theil aus Schleim, der von denselben zur Zeit der Secretion ausgeschieden wird. Der die Schleimhaut durchbohrende Ausführungsgang der Drüschen ist an der Mündung verjüngt; derselbe nimmt mitunter den Gang einer Nachbardrüse in sich auf. Die Wand hat eine Structur aus Bindegewebe und elastischem Gewebe, der im Innern ein einschichtiges Cylinderepithelium aufsitzt.

Besondere Beobachtung verdienen noch die Drüschen der Zunge. Hier kann man zwei morphologisch und physiologisch verschiedene unterscheiden, nämlich: 1. die Schleimdrüschen (Weber'sche Drüsen), vornehmlich in der Gegend der Zungenwurzel belegen, verästelte tubulöse, mit hellen durchsichtigen Secretionszellen und wandständigem Kerne und einer ziemlich dicken Membrana propria. — 2. Die in der Umgebung der papillae vallatae (und foliata der Thiere) mündenden äcinösen Ebner'schen Drüsen (sog. Ebner's seröse Drüsen) mit grobkörnigen undurchsichtigen Zellen und centralem Kerne, welche Speichel absondern (Henle). — 3. Die Blandin-Nuhn'sche Drüse innerhalb der Zungenspitze besteht aus Schleim- und Speicheldrüsenläppchen, ist also eine gemischte (Podwisotzky).

Von den ziemlich reichlichen Blutgefässen liegen die gröberen innerhalb der Submucosa, während die feineren Verzweigungen bis in die Papillen eindringen, in denen sie entweder capilläre Maschen oder einfache Schlingen bilden. *Blutgefässe.*

Von den Lymphgefässen liegen die stärkeren, weite Maschen bildenden Stämme in der Submucosa, während die feineren, zu einem engeren Netzwerke gefügten in der Mucosa selbst ihre Lage nehmen. — Zu dem Lymphapparate gehören die Balgfollikel oder Lymphfollikel. Auf dem Rücken der Zungenwurzel bilden dieselben eine fast zusammenhängende Schicht. Die Lymphfollikel sind 1—1,5 Mm. grosse kugel- oder eiförmige, in der Submucosa liegende Gebilde. Sie besitzen eine aus gedrängten Elementen des reticulären Bindegewebes zusammengesetzte äussere Hülle. Ihre mit Lymphe und zahlreichen Lymphoidzellen gefüllte Höhle wird von einem zarten Gespinnste reticulären Gewebes durchsetzt. Blutgefässe verbreiten sich in der äusseren Begrenzung und ziehen auch mit Capillaren durch die Höhle hindurch. (Vollkommen dieselben Lymphfollikel finden sich in der Milz als Malpighi'sche Bläschen, sowie im Darmtractus als solitäre, oder gehäufte Bälge der Peyer'schen Inseln.) Auf der Zugenwurzel liegen die Follikel zu mehreren, einen linsenförmigen, die Schleimhaut etwas erhebenden Hügel bildend, zusammen, in dieser Gruppirung von Bindegewebe besonders umschlossen. Der Hügel zeigt in der Mitte eine Vertiefung der Schleimhaut, in welcher eine Schleimdrüse ihre Ausmündung findet, welche den kleinen Krater mit Schleimsecret anfüllt. — Die Tonsillen lassen im Grunde genommen ganz dieselbe Formation erkennen: buchtenartige Vertiefungen, in deren Sinus kleine Schleimdrüsen einmünden, sind von Haufen (von 10—20) Lymphfollikeln umlagert. Festere Bindegewebslager geben den Tonsillen eine Umhüllung. Nachdem schon E. H. Weber Lymphgefässe in der Umgebung der Follikel entdeckt hatte, wurden weiterhin von Brücke diese Gebilde direct dem Lymphapparate zugesprochen. Grössere Lymphräume, die weiterhin mit Gefässen communiciren, stehen mit der Umgebung, namentlich der unteren der Follikel in Beziehung, ohne dass jedoch die Verbindung der Follikelhöhle mit dem Lymphgefässe bis dahin sicher aufgeklärt wäre. *Lymphgefässe.* *Follikel.* *Zungenfollikel.* *Tonsillen.*

Ziemlich zahlreiche markhaltige Nervenfasern, welche von der Submucosa aus hervortreten, vertheilen sich überall in der Schleimhaut und endigen zum Theil in einzelnen Papillen in Form der Krause'schen Endkolben, reichlicher an den Lippen und am weichen Gaumen, spärlicher an den Wangen und dem Boden der Mundhöhle. Die Nerven vermitteln nicht allein die Gefühlswahrnehmung im engeren Sinne, sondern sie sind zugleich die Organe für die Tast- (Wärme-, Druck-) Empfindungen. Höchst wahrscheinlich finden jedoch die Nerven noch in anderer Endigungsweise ihre Ausbreitung, vermuthlich mittelst feinster Terminalfädchen zwischen den Epithelzellen nach der Cohnheim-Langerhans'schen Verbreitungsart. *Nerven.*

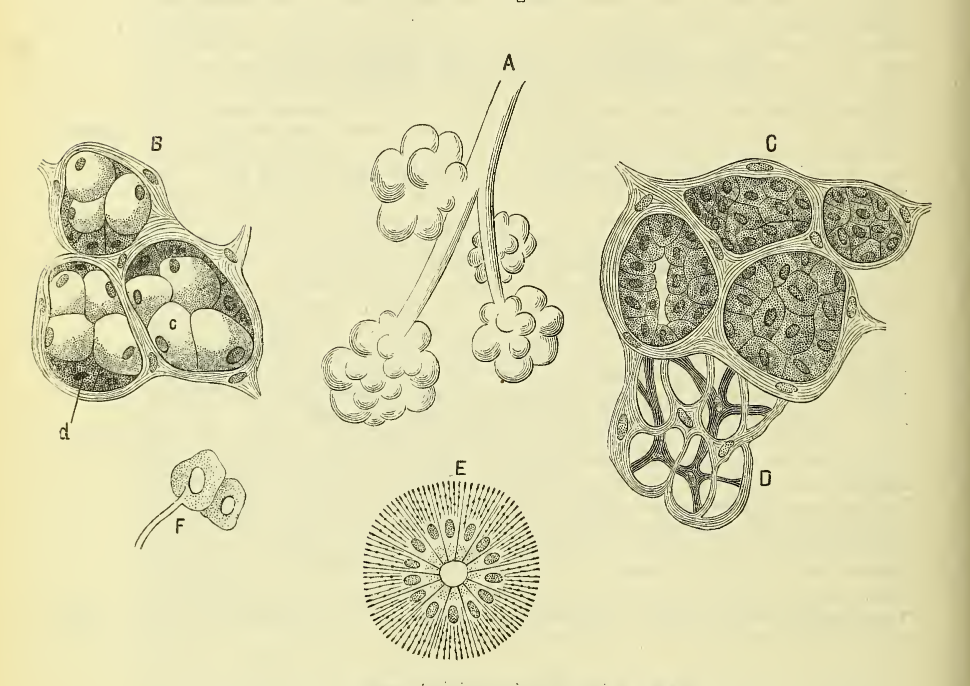
147. Die Speicheldrüsen.

Die drei Speicheldrüsen: Glandulae submaxillaris, sublingualis und parotis sind sämmtlich nach dem Typus der zusammengesetzten traubenförmigen Drüsen gebaut (Fig. 61 A). Die Ausführungsgänge besitzen eine von einem einschichtigen Cylinderepithel (E) ausgekleidete, aus Bindegewebe und elastischem Gewebe zusammengesetzte selbstständige Wandung, in welcher in dem (von Galen bereits gekannten) Ductus Whartonianus noch glatte Muskelfasern hinzukommen. Blutgefässe verbreiten sich vielfältig in netzartigen Maschen an der Oberfläche der Acini. Lymphgefässe finden sich in Form spaltförmiger Lücken im intraacinösen Bindegewebe angeordnet. — Die gestaltgebende Membran des Acinus ist ein zartes structurloses Häutchen, auf dessen äusserer Fläche ein Gespinnst sternförmiger anastomosirender Zellen geflechtartig sich ausbreitet (D); *Histologie der Speicheldrüsen.* *Membrana propria.*

einzelne Fortsätze dieser Zellen ragen sogar, die Bläschenmembran durchbohrend, bis in das Innere des Acinus zwischen dessen Secretionszellen hinein.

Secretionszellen. Die Secretionszellen sind verschieden gebaut, je nachdem die Speicheldrüse zugleich schleimabsondernd ist, wie vor allen die Sublingualis (aber auch die Submaxillaris), oder je nachdem der Schleim in der Absonderung vermisst wird, wie bei der Parotis.

Fig. 61.



Histologie der Speicheldrüsen: — *A* ein Stückchen Parotis vom Hunde durch Salpetersäure und chlorsaures Kali isolirt, so dass die Drüsenbläschen nebst Ausführungsgängen sichtbar sind. — *B* Alveolen der ausgeruhten Gl. submaxillaris vom Hunde, *c* die prallgefüllten glänzenden Schleimzellen, *d* die Halbmonde Gianuzzi's. — *C* Alveolen nach stattgehabter lebhafter Secretion; bei *D* die Bindesubstanz der Alveole isolirt dargestellt. — *E* Durchschnitt eines Speichelganges mit Cylinderepithel ausgekleidet. — *F* Eintritt einer marklosen Nervenfaser in eine Secretionszelle.

Schleimzellen. In den Acinis der Sublingualis und Submaxillaris (Aëtius 270 n. Chr.) finden sich zweierlei Arten zelliger Elemente: 1. Die eigentlichen Secretionszellen (B, c) (Schleimzellen, Heidenhain), welche von mehr oder weniger compacter Gestalt den Secretionsraum allseitig umgeben. Sie sind hüllenlose protoplasmatische Zellen mit rundlich abgeplattetem, der Acinuswand zugekehrtem Kerne. Der Zellkörper ist imprägnirt von einem reichlichen Gehalte von Mucin, welcher den Zellen ein pralles, glänzendes, stark licht-

brechendes Aussehen verleiht. Dieses Schleimgehaltes wegen färben sich die Zellkörper durch Carmin fast gar nicht, während der Kern den Farbstoff anzieht. — 2. Die andere Art der zelligen Elemente liegt im Acinus zu einem oder anderen halbmondförmigen Complexe (B, d) (Gianuzzi's Halbmonde) der Acinuswand unmittelbar an. Jeder Halbmond besteht aus einer Anzahl kleiner dicht gelagerter eckiger Zellen mit kleinen elliptischen Kernen, die sich jedoch sehr schwer trennen lassen; sie sind daher als „Randzellencomplexe" (Heidenhain) bezeichnet worden. Sie sind granulirt, dunkler, ohne Schleiminhalt und durch Farbstoffe leicht imprägnirbar. — Beide Arten der Secretionszellen sind jedoch nicht wesentlich von einander verschieden, sondern sie stellen nur verschiedene Thätigkeits- und Entwickelungszustände derselben Zellen dar.

Halbmonde.

Die nicht schleimabsondernde Parotis enthält nur eine einzige Art der Secretionszellen: körnchenreiche, würfelähnliche, kernhaltige, durch Carmin leicht färbbare Elemente. Aehnlich verhalten sich auch die Speicheldrüsen derjenigen Thiere, welche einen schleimlosen Speichel absondern.

Beim Kaninchen und Menschen mündet in den D. Whartonianus eine in der Substanz der Gl. submaxillaris eingeschlossene, zusammengesetzt-schlauchförmige Drüse, deren Zellen abweichend von denen jener gebaut sind. Es handelt sich also um eine bisher unbekannte neue Speicheldrüse (Bermann).

148. Absondernde Thätigkeit der Speicheldrüsen.

Verhalten der Drüsenzellen bei der Secretion.

Durch die Untersuchungen R. Heidenhain's ist über die absondernde Thätigkeit der Unterkieferdrüse des Hundes Licht verbreitet worden. In Folge lebhafter Absonderung dieser Drüse zeigt sich nämlich eine wesentliche Veränderung an den Drüsenzellen. Die prallen, glänzenden, durch Carmin nicht färbbaren „Schleimzellen" der vorher ausgeruhten Drüse werden nämlich nach ausgiebiger Thätigkeit nicht mehr angetroffen, vielmehr finden sich statt ihrer kleinere, schleimlose, dunklere, protoplasmatische Zellen (Figur 61 C). Diese färben sich nunmehr mit Carmin, während der Kern derselben fast gar nicht gefärbt wird.

Die Veränderung beruht entweder darauf, dass die „Schleimzellen" bei der Secretion selbst zerfallen, so dass ihre Trümmer den Schleimgehalt des Speichels direct abgeben. In sehr schleimreichem Speichel findet man nämlich mikroskopisch zusammengeballte Schleimklümpchen vor, welche oft die grosse Zähigkeit des Submaxillarisspeichels ausmachen; mitunter trifft man sogar ganze ausgeworfene Schleimzellen an. Oder aber es muss angenommen werden, dass die Schleimzellen aus ihrem Protoplasmakörper den Schleimstoff einfach eliminiren (Ewald), dabei selbst aber in ihrem Protoplasmaleibe bestehen bleiben, und nach einer Zeit der Ruhe wieder neue Schleimmassen in sich erzeugen können. Die dunkleren granulirten Zellen der

Drüse nach einer starken Absonderung wären dann also ganz dieselben wie die Schleimzellen, nur dass sie den Schleim abgegeben hätten. Nimmt man jedoch mit Heidenhain den Untergang der Schleimzellen an, so müssen die genannten schleimlosen Zellen als neu entstanden betrachtet werden und zwar durch Wucherung und Wachsthum der Randzellencomplexe (der Möndchen Gianuzzi's).

149. Die Nerven der Speicheldrüsen.

Alle Speicheldrüsen beziehen aus zwei verschiedenen Nerven ihre Aeste, nämlich aus dem N. sympathicus und dem N. facialis.

Verbreitung des Sympathicus.

1. Der N. sympathicus gibt a) zur Gl. submaxillaris und sublingualis Aestchen ab, herkommend aus dem die Arteria maxillaris externa umspinnenden Geflechte. — b) Zur Gl. parotis treten Fädchen vom sympathischen Geflechte, welches die (die Parotis durchbohrende) Carotis externa umstrickt.

Verbreitung des Facialis.

2. Vom N. facialis gehen a) zur Gl. submaxillaris und sublingualis Fäden aus der (im Stamme des N. tympanico-lingualis liegenden) chorda tympani; — b) zur Parotis gelangen die Facialisfasern auf weitem Umwege. Hervortretend aus dem Knie des N. facialis (im Felsenbein) verbinden sich diese zarten Fädchen mit dem N. petrosus superficialis minor (Nawrocki) (der aus dem plexus tympanicus hervorgeht), verlaufen mit diesem an der vorderen Fläche der Felsenbeinpyramide abwärts, dann (durch den Canaliculus innominatus Arnoldi) zum Ggl. oticum. Letzteres sendet sie weiter durch Verbindungszweige zum N. auriculo-temporalis (aus dem 3. Aste des N. trigeminus), welcher, indem er von der Parotis bedeckt zur Schläfe emporsteigt, die Fäden der Drüse zusendet (v. Wittich).

Das Ganglion submaxillare, welches der Gl. submaxillaris und sublingualis Fäden abgibt, erhält seine Wurzeln aus dem Tympanicolingualis, sowie aus dem sympathischen Gespinnste der Art. maxillaris externa.

Endausbreitung der Nerven in den Drüsen.

Rücksichtlich der feineren Verbreitung der Speicheldrüsennerven sind zu unterscheiden: 1. die Gefässnerven, welche nur den Wandungen der Blutgefässe ihre Aeste mittheilen, — und 2. die eigentlichen Drüsennerven. Pflüger hat über die Endigungsweise der letzteren ermittelt, a) dass markhaltige Fasern in den Acinus eindringen: hierbei verschmilzt die Schwann'sche Scheide mit der Membrana propria des Acinus, — die markhaltige Faser kann sich dann noch zwischen den Secretionszellen (markhaltig bleibend) theilen und endlich erreicht sie marklos geworden den Kern einer Secretionszelle (Figur 61 F).

b) Von einem Theile der Nervenfasern gibt Pflüger an, dass dieselben in polypolare Ganglienzellen eintreten, welche äusserlich der Acinuswand anliegen; diese Ganglienzellen senden dann erst einen Faden in den Acinus zu dessen Zellen hin.

c) Endlich sollen auch noch markhaltige Fasern in das untere (pinselartig gefasert aussehende) Ende der Cylinderepithelzellen eintreten, welche die

Ausführungsgänge der Acini auskleiden (E). — Pflüger stellte die Hypothese auf, dass die direct eintretenden Fasern cerebralen, — die mit eingeschalteten Ganglien versehenen jedoch sympathischen Ursprunges seien. — Die Angaben b und c sind anderweitig auf Zweifel gestossen.

150. Einfluss der Nerventhätigkeit auf die Absonderung des Speichels.

Profuse dünnflüssige Absonderung und Gefäss-erweiterung durch den Facialis.

I. Reizung des N. facialis an seiner Wurzel (Ludwig und Rahn) bewirkt eine sehr profuse Absonderung eines sehr dünnflüssigen, an den specifischen Bestandtheilen sehr armen Speichels. — Gleichzeitig hiermit erweitern sich die Gefässe der Drüsen, die Capillaren erfahren eine solche Dehnung, dass sogar die pulsatorische Bewegung der Arterien sich bis in die Venen fortpflanzt. Mehr als 4mal soviel Blut fliesst aus der Vene zurück (Cl. Bernard), das überdies fast hellroth erscheint und mehr als $^1/_3$ grösseren O-Gehalt zeigt, als das Venenblut der nicht gereizten Drüse. (Trotz dieses relativ hohen O-Gehaltes des Venenblutes verzehrt die absondernde Drüse doch absolut mehr O als die ruhende.) (Vgl. pg. 251).

Im N. facialis liegen zweierlei functionell verschiedene Nervenfasern: 1. echte Secretionsnerven, — 2. gefässerweiternde Nerven (vasohypotonisirende, Gefässhemmungsnerven). Es ist nicht zulässig, die Erscheinung der Secretion als eine einfache Folge der lebhafteren Circulation aufzufassen, wie weiterhin bewiesen werden soll. — Nach Eckhard soll auch mechanische Irritation des Ursprunges des N. facialis am Boden der 4. Hirnhöhle Secretion des Speichels veranlassen.

Spärliche zähe Absonderung und Verengerung der Gefässe durch den Sympathicus.

II. Reizung des N. sympathicus bewirkt eine spärliche Absonderung eines sehr dickflüssigen, zähgallertigen, fadenziehenden Speichels, in welchem die specifischen Bestandtheile des Speichels (und die Speichelkörperchen) sehr reich sind, namentlich der Schleim, der mikroskopisch als aus gequollenen Klümpchen, ausgeschieden von den Schleimzellen, bestehend erkannt wird. Das specifische Gewicht dieses Speichels ist auf 1007—1010 erhöht. — Gleichzeitig hiermit verengern sich die Gefässe der Drüse, so dass das Blut spärlich und tief dunkelblau aus den Venen zurückfliesst.

Im N. sympathicus liegen ebenfalls zweierlei functionell verschiedene Nervenfasern: 1. echte Secretionsfasern — und 2. gefässverengernde Nerven (vasohypertonisirende, vasomotorische N.).

Verhältniss der Secretion zur Reizstärke.

Von schwacher Reizung beginnend, zeigt eine allmälig gesteigerte Erregung der Nerven zugleich auch eine allmälig gesteigerte Secretion, in welcher die festen Speichelbestandtheile, zumal die organischen zunehmen (Heidenhain); wird jedoch anhaltend und stark gereizt, so nimmt die Secretion wieder ab, der Speichel wird ferner dünnflüssiger und ärmer an specifischen, und zwar mehr an organischen, als an anorganischen Bestandtheilen (C. Ludwig). So wird auch nach längerer Reizung des Sympathicus das Secret dem Facialisspeichel ähnlicher.

Während die Absonderungsgeschwindigkeit des Speichels mit steigender Erregungsstärke des Nerven bis zu einer gewissen maximalen Grenze ansteigt, wächst mit derselben ebenfalls bis zu einem gewissen Maximum der Procentgehalt an Salzen, und zwar unabhängig von dem sonstigen Zustande der Drüse. Der Procentgehalt an organischen Bestandtheilen dagegen hängt zwar ebenfalls von der Stärke der Nervenerregung ab, aber doch nicht von dieser allein, sondern er wird auch ganz wesentlich von dem Zustande bedingt, in welchem die Drüse durch voraufgegangene Thätigkeit versetzt wurde, und zwar sowohl durch die Dauer, als auch durch die Intensität der letzteren. Eine sehr starke Erregung hinterlässt nämlich in der Drüse eine Nachwirkung, welche dieselbe zur Abgabe organischer Bestandtheile an das Secret geneigter macht (Heidenhain).

Die Secretion ist von dem Blutgehalte unabhängig.

Dass die Absonderung der Drüsen nicht als einfache Folge der veränderten Blutfülle angesehen werden darf, sondern dass sie als selbstständige Leistung neben der Veränderung an den Gefässen auftritt, geht aus folgenden Punkten hervor:

1. Die absondernde Thätigkeit der Drüse bei Reizung der Nerven hält sogar noch eine Zeit lang an, nachdem sogar die Gefässe unterbunden sind (Ludwig).

2. Atropin und Daturin vernichten die Thätigkeit der Secretionsfasern in der Chorda tympani, nicht jedoch die der vasohypotonisirenden (gefässerweiternden) Fasern (Heidenhain, Keuchel).

3. Der Druck im Ausführungsgange der Speicheldrüsen (durch ein eingebundenes Manometer zu messen) kann fast die doppelte Höhe betragen, als der in den arteriellen Gefässen der Drüse (Ludwig), im Ausführungsgang der Submaxillaris sogar gegen 200 Mm. Hg.

Es muss somit gefolgert werden, dass ein directer Einfluss der Nerven auf die Secretionszellen der Drüsen statthat unabhängig von einer Vermittelung der Gefässe. So wie die directe anatomische Verknüpfung der Nervenfaser mit der Secretionszelle erwiesen ist, ist auch die physiologische festzuhalten. Durch die Reizung der Nerven konnte Heidenhain die Veränderung an den Drüsenzellen bewirken, die von uns als eine Umwandlung der „Schleimzellen" in die schleimlosen „Protoplasmazellen" bereits beschrieben ist. Für die Parotis des Kaninchens fand dieser Forscher, dass wenn ihre cerebralen Nervenfasern zu starker Secretion angeregt waren, die Drüsenzellen sich nicht veränderten. Wurde dagegen der Sympathicus gereizt, so erschienen die Zellen stark verändert. Die Zellsubstanz war heller und weniger granulirt, die Kerne, welche in den ruhenden Drüsen stark lichtbrechend und eckig sind, erschienen rund und nur noch schwer sichtbar. —

Temperatur bei der Secretion.

Während der Secretion steigt die Temperatur der Drüse gegen 1,5° C. (Ludwig); die Drüse, sowie das aus der Vene abfliessende Blut ist nicht selten wärmer, als das Arterienblut.

Paralytische Speichelabsonderung.

Paralytische Speichelabsonderung. Man versteht unter paralytischer Speichelabsonderung die andauernde Secretion eines dünnflüssigen Secretes, welches eintritt nach Lähmung oder Zerstörung der Speicheldrüsennerven (Cl. Bernard). Sie tritt ein: 1. Einige Zeit nach stattgehabter Durchschneidung des Stammes des tympanico-lingualis. — 2. Bald nach Zerstörung des Ggl. submaxillare, wobei jedoch die vom tympanico-lingualis entsendeten, durchtretenden Fasern geschont sein müssen. — 3. Nach Einspritzung von geringen Mengen Curare in die Arterie der Drüse. — Die Absonderung lässt jedoch nach einiger Zeit unter Entartung der Drüse wiederum nach. Die Ursachen dieser Erscheinungen sind nicht zur Genüge aufgeklärt.

Der normale Erregungsvorgang bei der Speichelabsonderung.

Im intacten Körper findet die Erregung der die Speichelabsonderung bewirkenden Nerven auf dem Wege des Reflexes statt, wobei unter normalen Verhältnissen stets die Absonderung dünnflüssigen (Facialis-) Speichels statthat. Die die Erregung centripetal leitenden Nervenfasern sind hierbei: 1. Die Geschmacks-

nerven; — 2. die sensiblen Trigeminus- und Glossopharyngeusfäden der gesammten Mundhöhle (diese scheinen auch durch mechanische [Druck, Zug, Verschiebung] Reizung bei der Kaubewegung die Speichelabsonderung hervorzurufen); — 3. die Geruchsnerven, durch bestimmte Düfte erregt; — 4. die Vagusäste des Magens (Frerichs, Oehl), zumal bei gleichzeitiger Würgbewegung.

(5. Sogar die Reizung entfernt liegender sensibler Nerven, z. B. die des centralen Ischiadicusstumpfes bewirken — jedoch wohl durch verwickeltere Mechanismen — Speichelsecretion; Owsjannikow und Tschierjew.)

Das Reflexcentrum ist für die Speichelabsonderung nach Reizung der Geschmacksnerven und der Magennerven die Medulla oblongata (Facialisursprung) (Eckhard). Diese Region steht mit Faserzügen des Grosshirnes in Verbindung, woraus ersichtlich ist, dass bei Vorstellungen schmeckender Substanzen, zumal im Hungerzustande, lebhafte dünnflüssige Speichelabsonderung hervortritt.

Aber auch directe oder Reflex-Reizungen des Gehirnes können auf diese Weise die Speichelsecretion vermehren; so sah man nach einem Einstich hinter den Trigeminusursprung am Pons eine Steigerung der Absonderung nach reflectorischer Anregung (Cl. Bernard). Auch Verletzung der Rinde des Grosshirns in der Gegend des Sulcus cruciatus hat oft Speichelfluss beim Hunde zur Folge (Eulenburg, Landois). Auch Erkrankungen des Gehirnes mancherlei Art beim Menschen bringen Anomalien der Speichelsecretion durch Einwirkung auf das intracraniale Centrum hervor.

Das Centrum für die Speichelabsonderung, welche statthat nach Reizung der sensiblen Mundhöhlennerven, soll nach Cl. Bernard im Ganglion submaxillare belegen sein. Diese Art der Speichelabsonderung bleibt nämlich auch dann noch bestehen, wenn die „Wurzeln" des Ganglions (namentlich der Tympanico-lingualis) durchschnitten sind. Werden jedoch nun auch die vom Ganglion zur Drüse abgehenden Fäden zerstört, so wird auch diese Absonderung unterbrochen.

So lange jede Nervenreizung unterbleibt, findet auch keine Speichelabsonderung statt (Mitscherlich).

Wirkung pathologischer Zustände und der Gifte.

Affectionen, wie z. B. Entzündungen der Mundhöhle, Neuralgien derselben, Geschwüre der Schleimhaut, Auflockerungen des Zahnfleisches, wie sie unter Anderem auch nach anhaltendem Mercurialgebrauch eintreten, rufen oft lebhafte Speichelabsonderung (Speichelfluss, Ptyalismus) hervor. Auch einige Gifte bewirken Speichelfluss durch directe Nervenerregung, wie das Calabargift (Physostigmin), Digitalin und vornehmlich das Pilocarpin. — Manche Gifte, namentlich Narkotica, vor allen das Atropin, lähmen die Speichelnerven, so dass eine Aufhebung der Speichelsecretion bei grosser Trockenheit des Mundes erfolgt; Verabreichung von Muscarin in diesem Zustande ruft die Secretion wieder hervor (Prevost). Nicotin wirkt in kleiner Dosis reizend auf die Speichelnerven, in starker jedoch gleichfalls lähmend (Heidenhain). Auch Daturin, Cicutin und Jodathylstrychnin lähmen die Chorda; verdünnte Säuren und Alkalien wirken analog bei örtlicher Application (Gianuzzi).

Heidenhain's Theorie der Speichelabsonderung.

Heidenhain hat unter Verwendung der auf die Speichelsecretion bezüglichen Ermittelungen die folgende Theorie der Speichelabsonderung gegeben. Er nimmt für die Drüse secretorische Nerven an, welche die Absonderung leisten, — und trophische, welche den chemischen Umsatz der

Drüsenzellen beherrschen. Nun enthalten nach ihm die cerebralen Absonderungsnerven (Facialis) neben zahlreichen secretorischen nur wenige trophische Fasern. „Deshalb fliesst das unter ihrem Einflusse gebildete Secret verhältnissmässig schnell und ist dabei verhältnissmässig arm an organischen Substanzen. Der Sympathicus hingegen enthält reichlich trophische Fasern, dagegen nur sparsame (beim Hunde gar keine) secretorische Fasern. Wo letztere fehlen, führt er keine Absonderung, sondern nur chemischen Umsatz in den Drüsenzellen herbei, vielleicht unter Ueberführung der Umsetzungsproducte in die Drüsenräume; wo sie vorhanden sind, ist die Absonderung spärlich, das Secret reich an organischen Bestandtheilen (Submaxillaris des Hundes, Parotis des Kaninchens). — Wird der cerebrale Nerv schwach gereizt, so secernirt die Drüse (in Folge der mässigen Thätigkeit der secretorischen Fasern) wenig Wasser und (in Folge der mässigen Thätigkeit der trophischen Fasern) wenig organische Substanzen. — Bei Reizverstärkung, welche gleichmässig beide Faserarten trifft, nimmt die Lebhaftigkeit des Wasserstromes und in noch höherem Masse die Bildung der organischen Secretionsproducte zu: Der Procentgehalt an letzteren steigt trotz der grösseren Absonderungsgeschwindigkeit, dank der gesteigerten Thätigkeit der trophischen Fasern. Das gilt aber nur, so lange die Drüse an Secretionsmaterial noch nicht verarmt ist. Nach längerer Thätigkeit bringt Reizverstärkung eine Bereicherung des Secretes an organischen Substanzen im günstigen Falle nur dann zu Stande, wenn sie eine sehr erhebliche ist. Bei geringeren Graden derselben, oder wenn das Secretionsmaterial bereits zu sehr geschwunden, sinkt der Procentgehalt trotz noch so starker Erregung der trophischen Fasern. — In der frischen Drüse werden bei starker Reizung der trophischen Fasern mehr lösliche Secretbestandtheile gebildet, als das in Folge der gleichzeitig starken Reizung der secretorischen Fasern gebildete Secret zu lösen vermag; dasselbe ist (für die Hundeparotis) der Fall, wenn neben dem cerebralen Secretionsnerven der an trophischen Fasern reiche Sympathicus gereizt wird. Jener Ueberschuss bleibt theils mechanisch suspendirt in dem abfliessenden Secrete (desshalb trübt sich dasselbe), theils bleibt er nach Unterbrechung der Reizung in der Drüse zurück, um sich, wenn man auf die starke Reizung eine schwache folgen lässt, dem langsamer fliessenden Secrete der letzteren beizumischen, und ihm einen für die geringe Secretionsgeschwindigkeit unverhältnissmässig hohen Gehalt an organischen Bestandtheilen zu ertheilen."

Sowohl bei Lähmungen des Facialis, als auch des Sympathicus hat man beim Menschen Verminderung der Speichelsecretion aus den Drüsen derselben Seite beobachtet.

151. Der Speichel der einzelnen Drüsen.

Gewinnung. a) Der Parotis-Speichel wird durch Einlegen einer feinen Canüle in den Ductus Stenonianus gewonnen (Eckhard); er reagirt alkalisch (im nüchternen Zustande die zuerst entleerten Tropfen neutral oder gar sauer [wegen freier CO_2, — Oehl]) und hat ein specifisches Gewicht von 1003 bis 1004. Beim Stehen scheidet er unter Trübung kohlensauren Kalk ab, der im frisch entleerten Speichel als Bikarbonat enthalten ist.

Eigenschaften und Bestandtheile.

In analoger Weise können sich Speichelsteine in den Drüsenausführungsgängen bilden, die auch Spuren der anderen Speichelbestandtheile eingeschlossen enthalten; — ebenso entsteht der „Zahnstein", in welchem jedoch viele Leptothrix-Fäden und Reste niederer thierischer Organismen eingeschlossen sind, die in zersetzten Speiseresten zwischen den Zähnen und in cariösen Höhlen derselben leben.

Er enthält geringe Mengen (reichlicher beim Pferde) eines Globulin-ähnlichen Albuminstoffes und scheint nie des

CNKS — Rhodankaliums (oder Natriums) (Treviranus 1814) zu entbehren (das dem Schafe und Hunde fehlt; Brettel). Letzteres wird erkannt durch Zusatz von Eisenchloridlösung, wodurch unter Bildung von Eisenrhodanid eine dunkelrothe Färbung entsteht. Rhodankalium reducirt auch die dem Speichel zugesetzte Jodsäure unter Gelbfärbung zu Jod, welches sofort durch Stärkezusatz zu erkennen ist (Solera). Mucin fehlt, wesshalb der Parotidenspeichel leicht tropft und nicht fadenziehend ist. Im Ganzen enthält er 1,5—1,6% feste Stoffe (Mitscherlich, van Setten) beim Menschen, darunter etwa 0,3—1,0% unorganische.

Unter den organischen ist noch zu bemerken als wichtigster Bestandtheil das Ptyalin, daneben etwas Harnstoff (Gobley) und Spur flüchtiger (Capron?) Säure.

Asche. Die anorganischen Bestände sind: am reichlichsten Chlor-Kalium und Natrium, sodann kohlensaures Kalium,-Natrium und -Calcium, etwas phosphorsaure Salze und eine Spur schwefelsauren Alkalis.

b) Der Submaxillaris-Speichel wird durch Einlegen einer Canüle in den Wharton'schen Gang aufgefangen, ist alkalisch bis stark alkalisch, beim längeren Stehen scheidet er feine Krystalle von kohlensaurem Kalk ab neben einer amorphen eiweissartigen Substanz. Er enthält stets Mucin (das durch Essigsäure gefällt wird), ist daher auch in der Regel etwas fadenziehend, ferner enthält er Ptyalin und (nur 0,0036%, Oehl) Rhodankalium.

Im Submaxillarisspeichel des Hundes fanden sich:

Wasser	991,45 pro mille	
Organische Materie . .	2,89 „ „	
Anorganische Materie .	5,66	4,50 Chlornatrium und Chlorcalcium,
		1,16 kohlensaurer Kalk, phosphorsaurer Kalk und phosphorsaure Magnesia.

Pflüger untersuchte die Gase des Submaxillarisspeichels und fand in 100 Ccmtr. Speichel: 0,6 O; — 64,7 CO_2 (theils auspumpbare, theils durch Phosphorsäure austreibbare); — 0,8 N. Oder in 100 Vol. Gasen: 0,91 O; — 97,88 CO_2; — 1,21 N.

c) Der Sublingualis - Speichel, durch Einlegen einer feinen Canüle in den Ductus Rivinianus (Oehl) gewonnen, ist von starker alkalischer Reaction, sehr klebrig und cohärent, enthält viel Mucin, zahlreiche Speichelkörperchen, auch etwas Rhodankalium (Longet), ist aber im Ganzen wenig genau bekannt.

152. Der gemischte Speichel oder die Mundflüssigkeit.

Die Mundflüssigkeit ist ein Gemisch der drei Speicheldrüsensecrete und der Absonderung der Schleimdrüschen der Mundhöhle.

Eigenschaften. 1. Physikalische Eigenschaften. Die Mundflüssigkeit ist eine etwas opalescirende, geschmack- und geruchlose,

wenig fadenziehende Flüssigkeit von 1004—1009 specifischem Gewicht und durchweg alkalischer Reaction.

Die Menge des in 24 Stunden abgesonderten Speichels beträgt 200 bis 1500 Gr., nach Bidder und Schmidt 1000 bis 2000 Gr. — Die festen Stoffe im Mundsecrete betragen nur gegen $1/2\%$.

Zersetzungen von Epithelien, Speichelkörperchen oder Speiseresten können ihn vorübergehend sauer erscheinen lassen, namentlich nach längerem Fasten und nach vielem Sprechen (Hoppe-Seyler). Auch ausserhalb des Körpers wird epithelreicher Speichel, bevor er fault, zuerst sauer (Gorup-Besanez). In der Zuckerharnruhr findet sich ausserdem oft saure Reaction durch vorhandene Milchsäure; da diese den Kalk der Zähne löst, so ist starkes Ergriffensein der Zähne bei dieser Krankheit leicht erklärlich. — Auch bei Verdauungsstörungen und im Fieber ist saure Reaction des Speichels (wegen Stagnirung und ungenügender Absonderung; daher auch Trockenheit des Mundes) nicht selten.

2. Mikroskopische Bestandtheile.

Speichelkörperchen.

a) Die Speichelkörperchen, welche an Grösse (8—11 μ) die weissen Blutkörperchen übertreffen, sind kernhaltige, protoplasmatische, hüllenlose, runde Zellen. Dieselben zeigen während ihres lebendigen Bestehens sogenannte Muskularbewegung ihrer zahlreichen dunklen Körnchen, die dem Protoplasma eingelagert sind. Die Körnchen werden durch die innere fliessende Bewegung des Protoplasmas in eine zitternde, tanzende Locomotion versetzt, welche mit dem Absterben der Zellen erlischt. Speichelkörperchen findet man namentlich bei leichtem Druck auf die Ausführungsgänge unter der Zunge. (Brücke.)

Epithelien.

b) Abgestossene Plattenepithelien der Mundschleimhaut und der Zungenoberfläche werden niemals vermisst; bei Katarrhen der Mundhöhle sind sie reichlicher.

Niedere Organismen der Mundhöhle.

c) Lebende Organismen, die sich aus den zerfallenden Speiseresten zumal in hohlen Zähnen ernähren, sind theils Algenfäden der Leptothrix buccalis, theils kleinste, selbstständig sich bewegende Organismen von kugeliger, länglicher oder spiraliger Gestalt, die sich mit enormer Schnelligkeit vermehren (Leeuwenhoek). Diesen Wesen verdankt jedoch nicht, wie Hallier behauptete, der Speichel seine diastatische Wirkung (Lösch).

3. Chemische Eigenschaften. Dieselben ergeben sich aus dem über die drei verschiedenen Speichelarten Gesagten.

Organische Bestände.

a) Organische Bestandtheile. Eiweiss wird durch Kochen, ebenso durch Alkohol niedergeschlagen, — CO_2 schlägt aus stark gewässertem Speichel einen durch Schütteln mit Luft wieder auflösbaren Albuminkörper (Globulin) nieder. — Mucin wird zu nicht geringem Theile aus den Schleimdrüschen des Mundes der Mundflüssigkeit beigemischt. — Unter den sonst wenig bekannten Extractivstoffen ist der wichtigste das Ptyalin (Berzelius); — Fette und Harnstoff finden sich nur in Spuren. In 24 Stunden werden im Speichel etwa 130 Milligramm Rhodankalium oder -Natrium abgesondert.

b) Anorganische Bestandtheile: Chlornatrium, Chlorkalium, schwefelsaures Kalium, phosphorsaure Alkalien und Erden, phosphorsaures Eisenoxyd.

Asche.

Nach Schönbein enthält der Speichel gewöhnlich salpetrigsaures Salz, erkennbar durch Bläuung eines mit einigen Tropfen verdünnter Schwefelsäure versetzten Jodkalium-Stärkekleisters.

Abnorme Speichel-bestandtheile.

Abnorme Speichelbestandtheile. Bei der Zuckerharnruhr ist Milchsäure, hervorgehend aus weiterer Zersetzung des Traubenzuckers, vorgefunden (Lehmann); — bei der Gelbsucht ist Gallenfarbstoff beobachtet (Wright). — Von fremden Substanzen, welche dem Körper einverleibt werden, gehen in den Speichel über: Quecksilber, Kali, Jod- und Brom-Metalle, freies Jod und Brom, letztere eine äquivalente Menge Chlor aus den Speichelchloridsalzen verdrängend (W. Kühne).

Speichel-drüsen und Speichel des Kindes.

Von den Speicheldrüsen des Neugeborenen ist nur die Parotis ptyalinhaltig. In der Submaxillaris und im Pancreas scheint das diastatische Ferment frühestens nach Ablauf von 2 Monaten sich zu bilden. Hiernach ist die Ernährung der Säuglinge durch Amylaceen nicht rathsam. Merkwürdig ist es, dass bei an Soor (Schwämmchen, Oïdium albicans) erkrankten Neugeborenen kein Ptyalin im Speichel nachzuweisen ist (Zweifel).

Für den Säugling, der Milch zu sich nimmt, ist die diastatische Wirkung des Speichels überhaupt nicht unumgänglich nothwendig; daher erscheint auch die Mundschleimhaut in den ersten 2 Monaten wenig befeuchtet, später wird reichlicher Speichel secernirt (Korowin); auch pflegen erst nach dem ersten Halbjahre die Drüsen ein grösseres Volumen zu bekommen. Der Ausbruch der ersten Zähne verursacht wegen der Reizung der Mundschleimhaut starke Absonderung des Speichels.

153. Physiologische Wirkungen des Speichels.

Umwandlung von Stärke in Dextrin und Zucker.

I. Die wichtigste Wirkung des Speichels für den Verdauungsprocess ist die diastatische, d. h. die Umwandlung der Stärke zuerst in Dextrin und darauf in Traubenzucker (Leuchs 1831), ebenso des Glycogens in Traubenzucker. Diese Wirkung kommt allein dem Ptyalin zu, einem hydrolytischen Fermente, welches schon in sehr geringer Menge bewirkt, dass die genannten Substanzen H_2O aufnehmen und löslich werden, ohne dass das Ferment selbst eine wesentliche Veränderung erfährt: (Stärke, Dextrin $= C_6 H_{10} O_5 + H_2 O = C_6 H_{12} O_6$ Traubenzucker).

Das Ptyalin verwandelt zuerst das Stärkemehl in einen durch Jod sich roth färbenden Dextrin-Körper (Erythrodextrin), dieser wird sodann in Zucker und ein durch Jod sich nicht färbendes Dextrin (Achroodextrin) verwandelt, dann erst erfolgt die völlige Umbildung in Zucker (O. Nasse, Brücke). Der gebildete Zucker ist die Ptyalose, eine Zuckerart, die durch Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure in Traubenzucker überführt werden kann (O. Nasse).

Darstellung des Ptyalins.

Darstellung des Ptyalins. 1. Dieselbe beruht darauf (wie bei allen hydrolytischen Fermenten), dass ein im Speichel bereiteter voluminöser Niederschlag mechanisch das Ferment mit sich niederreisst, aus welchem es dann durch einfache Mittel isolirt wird. Zu diesem Behufe säuert man mit

Phosphorsäure den Speichel stark an, bringt hierauf Kalkwasser zu bis zur alkalischen Reaction: hiedurch bildet sich ein starker Niederschlag von basisch phosphorsaurem Kalk, der das Ptyalin mit niederreisst. Dieser Niederschlag wird auf dem Filtrum gesammelt, sodann wird mit Wasser das Ptyalin daraus aufgelöst. In diesem Wasserauszug fällt Alkohol das Ptyalin als weisses Pulver. Durch wiederholtes Auflösen im Wasser und nachheriges Niederschlagen durch Alkohol kann das Ptyalin endlich völlig rein dargestellt werden (Cohnheim).

Eigenschaften des Ptyalins. — Das schon dem Berzelius bekannte Ptyalin ist N-haltig, zeigt jedoch keine Xanthoproteïnreaction, wesshalb es nicht zu den Eiweissen zu zählen ist, — es verbrennt ohne Hinterlassung von Asche, — aus seiner Lösung wird dasselbe durch neutrales und basisch-essigsaures Blei niedergeschlagen.

Ausziehung durch Glycerin. 2. Aus den gereinigten zerkleinerten, zuerst in starken Alkohol gelegten und dann getrockneten Speicheldrüsen lehrte v. Wittich das Ptyalin durch wasserhaltiges Glycerin extrahiren. Nach mehrtägigem Stehen wird das abgegossene Glycerin mit Alkohol versetzt, welches das Ptyalin niederschlägt. Letzteres wird auf dem Filtrum gesammelt, dann in Wasser gelöst. Um es von etwa noch anhaftendem Albumin zu befreien, wird die wässerige Lösung schnell auf 60° C. erhitzt, wodurch das Albumin niederfällt, das Ptyalin jedoch ungeschwächt in Lösung des Filtrates bleibt.

Beobachtung der Speichelwirkung. Ueber die Einwirkung des Speichels bei der Sacharification ist noch im Einzelnen Folgendes bemerkenswerth:

a) Die Sacharifications - Wirkung wird erkannt: 1. Durch das Verschwinden des Amylums. Etwas Stärke wird mit viel Wasser gekocht, ein geringer Jodzusatz bewirkt eine schöne blaue Färbung. Wird (bei Körpertemperatur) nunmehr hinreichend Speichel zugesetzt und geschüttelt, so verschwindet schnell die blaue Farbe. — 2. Direct durch den Nachweis des entstandenen Zuckers durch die Zuckerprobe (siehe unten).

b) In der Kälte erfolgt die Zuckerbildung langsamer als bei Körperwärme, — bei 55° C. wird die Wirkung des Fermentes geschwächt, bei 73° C. jedoch bereits zerstört (Paschutin).

c) Das Ptyalin wird zwar als Ferment selbst nicht bei der Sacharification verändert, dennoch ist bereits einmal zur Wirkung gelangtes bei einem abermaligen Versuche nicht mehr von gleich grosser Wirksamkeit (Paschutin).

d) Die Wirkung des Speichels erfolgt auch bei neutraler, und selbst schwach saurer Reaction; stärkerer Säureüberschuss (0,2% Salzsäure Brücke) verhindert sie jedoch (nicht die Dextrinbildung). Die Sacharification kann daher im Magen nur bei nicht zu intensiver Säure fortgeführt werden. Auch stärkere Butter- und Milch-Säurebildung aus dem Traubenzucker durch weitere Zersetzung kann hemmend auf die Zuckerbildung wirken; eine Abstumpfung dieser Säuren lässt jedoch den Process auf's Neue anfachen (Cl. Bernard).

e) So wie die höheren Hitzegrade, zerstören auch viel Alkohol, arsenige Säure, kaustisches Kali die Wirkung; längeres Stehen an der Luft schwächt dieselbe.

f) Auf rohe Stärke wirkt das Ptyalin nur schwach und ganz allmählich, erst nach 2—3 Stunden (Schiff), auf durch Kochen gequollene (Kleister) sehr schnell.

g) Die verschiedenen Stärkearten werden je nach dem Reichthum an Cellulosestoff verschieden schnell umgewandelt: rohe Kartoffelstärke erst nach 2—3 Stunden, rohe Maisstärke schon nach 2—3 Minuten (Hammersten). Zu Detritus zerrieben oder aufgekocht, verhalten sich die Stärken jedoch gleich. Die Stärkecellulose wird bei 55° C. aufgelöst (Nägeli).

h) Das Gemisch des Speichels aller Drüsen ist wirksamer, als das einer Drüse allein (Jakubowitsch); — der Schleim ist unwirksam.

i) Das Ptyalin unterscheidet sich von der Diastase dadurch, dass letztere erst bei + 66° C. ihre sacharificirende Wirkung entfaltet. — Das Ptyalin zerlegt auch Salicin in Saligenin und Traubenzucker (Frerichs und Städeler); auf Rohrzucker und Amygdalin wirkt es nicht.

II. Der Speichel dient zur Lösung der in Wasser löslichen Nahrungsstoffe in der Mundhöhle; hierbei bewirkt die alkalische Reaction, dass einige Substanzen, welche im Wasser allein nicht löslich sind, durch Hilfe des Alkalis in Lösung gehen.

Der Speichel als Lösungsmittel.

III. Der Speichel durchfeuchtet die trocken aufgenommenen Nährstoffe, ermöglicht durch seine Klebrigkeit die Formation des „Bissens" (Bolus) und begünstigt durch seine Schlüpfrigkeit durch den Schleimgehalt das Schlingen. Der Schleim wird weiterhin durch die Fäces entleert. Die endlichen Schicksale des Ptyalins sind unbekannt.

Der Speichel als Durchfeuchtungsmittel.

Es ist neuerdings im Speichel auch das Vorkommen von Pepsin (siehe Magenverdauung) constatirt (Munk, Kühne).

154. Zuckerproben.

1. Trommer'sche Probe: Diese wie manche andere Probe beruht darauf, dass der Zucker in alkalischer Lösung als Reductionsmittel wirkt, hier speciell ein Metalloxyd in ein Oxydul verwandelnd. Der zu untersuchenden Flüssigkeit wird $1/4$ Aetzkali- oder Aetznatronlösung (1,25 spec. Gew.) zugesetzt. Hierauf gibt man tropfenweise sehr dünne Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd hinzu. Es entsteht anfänglich eine blaugefärbte Trübung, bestehend aus Kupferoxydhydrat. Ist Zucker in der Flüssigkeit vorhanden, so geht die Trübung nach dem Schütteln wieder in eine tiefblaue völlige Klärung über. Wird nunmehr erhitzt, so bildet sich von oben her eine gelbliche bis röthliche Farbenveränderung und Trübung, und es erfolgt schliesslich ein Niederschlag von gelbrothem Kupferoxydul.

Die Auflösung des Kupferoxydhydrats wird zwar auch noch von anderen organischen Substanzen bewirkt, allein die schliessliche Reduction des Kupferoxyds in Kupferoxydul bewirkt nur der Zucker: Trauben-, Frucht- und Milchzucker. Vorher trübe erscheinende Flüssigkeiten müssen filtrirt, eventuell mit basisch essigsaurem Blei behandelt werden. Im letzteren Falle wird das überflüssige Blei durch phosphorsaures Natron ausgefällt, hierauf filtrirt man. Bei sehr geringen Zuckermengen kann eine Einengung der Flüssigkeit im Wasserbade nothwendig sein. — Wenn sehr kleine Zuckermengen neben Ammoniakverbindungen vorhanden sind, kann statt des gelben Niederschlages blos gelbe Lösung (durch Ammoniak) des Kupferoxyduls eintreten. Zu reichlicher Zusatz von Kupfersulfat (der stets zu vermeiden ist) hat die störende Ausscheidung schwarzen Kupferoxyds zur Folge.

2. Bottger's Probe: Alkalische Wismuthoxydlösung (5 Gr. basisch salpetersaures Wismuthoxyd, 5 Gr. Weinsäure, 30 Ccmtr. Wasser, Natronlauge soviel als zur Neutralisation hinreicht) wird von Zucker zu Wismuthsuboxyd reducirt unter Bildung eines olivengrünschwärzlichen, schliesslich schwarzen Niederschlages.

3. Moore's und Heller's Probe. Die Flüssigkeit wird mit Aetzkali oder Aetznatron bis zur stark alkalischen Reaction versetzt und gekocht: es entsteht gelbe, braune bis braunschwarze Verfärbung; — wird nun Salpetersäure zugesetzt, so entsteht der Geruch nach gebranntem Zucker (Caramel) und Ameisensäure.

4. Mulder's und Neubauer's Probe: Setzt man zu der traubenzuckerhaltigen Flüssigkeit eine mit kohlensaurem Natron alkalisch gemachte Lösung von Indigocarmin bis zur schwach blauen Färbung, und erhitzt nun,

so geht die Farbe in grün, purpur, roth, gelb über. Geschüttelt mit atmosphärischer Luft nimmt das Fluidum wieder die blaue Farbe an.

5. Runge's und Reich's Probe: Mit etwas Schwefelsäure oder Salzsäure im Porcellanschälchen (im Wasserbade) abgedampft, hinterlässt zuckerhaltige Flüssigkeit einen tief-schwarz glänzenden Rückstand.

6. Verdünnte Lösung von Traubenzucker gekocht mit salpetersaurem Silber und Ammoniak lässt einen metallischen Silberspiegel absetzen (doch wirkt Aldehyd und Weinsäure ähnlich).

7. Alkoholische Traubenzuckerlösung mit alkoholischer Aetzkalilösung vermischt lässt Traubenzuckerkali in weissen Flocken ausscheiden.

In allen auf Zucker zu untersuchenden Flüssigkeiten wird zuerst etwa vorhandenes Eiweiss entfernt: im Harn durch Kochen nach schwachem Ansäuern mit Essigsäure; — im Blut durch Versetzen mit dem 4fachen Volumen Alkohol; hierauf wird filtrirt; der Alkohol wird durch Erhitzen verjagt.

155. Quantitative Bestimmung des Zuckers.

Gährungsprobe.

I. Durch die Gährung. Es wird hierzu der kleine Apparat Figur 62 verwendet: in dem Glaskölbchen a befindet sich ein abgemessenes, z. B. 20 Ccmtr. zuckerhaltiges Fluidum, dem etwas Hefe zugesetzt ist. Im Kölbchen b ist concentrirte Schwefelsäure. Der ganze Apparat wird unmittelbar nach der Füllung gewogen. Bei gewöhnlicher Temperatur (10—40° C.), am energischsten bei 25° C., zerfällt der Zucker in 2 Molecüle Alkohol und 2 Molecüle Kohlensäure:

$C_6 H_{12} O_6 = 2 (C_2 H_6 O) + 2 (CO_2)$
Zucker 2 Alkohol + 2 Kohlensäure

(daneben bildet sich etwas Glycerin und Bernsteinsäure). Die CO_2 entweicht durch das Kölbchen b und gibt der Schwefelsäure etwa mitgenommenes Wasser zurück. Ist nach etwa 2 Tagen die Zerlegung vollendet, so wiegt man den Apparat abermals. Aus dem Gewichtsverluste des Apparates berechnet sich die Zuckermenge, welche in (den 20 Ccmtr.) der Flüssigkeit enthalten war nach der Thatsache, dass 100 Gewichtstheile wasserfreien Zuckers = 48,89 Theilen CO_2 sind, oder dass 100 Gewichtstheile CO_2 = 204,54 Theilen Zucker entsprechen.

Fig. 62.

Apparat zur quantitativen Bestimmung des Zuckers durch Gährung.

Titrirmethode.

II. Durch Titrirung mittelst der (auf der Trommer'schen Probe beruhenden) alkalischen Kupferoxydlösung nach Fehling. Die tief blaue Titrirflüssigkeit (bestehend aus Kupfersulfat, weinsaurem Kali, Natronlauge und Wasser) ist so zusammengesetzt, dass in 10 Ccmtr. der Lösung genau durch 0,05 Gr. Traubenzucker alles Kupfer zu gelbrothem Kupferoxydul reducirt wird. — Verfahren z. B. bei der Zuckerbestimmung im Harne: Gib 10 Ccmtr. Fehling'scher Lösung in eine Porcellanschale, setze zur Verdünnung 40 Ccmtr. Wasser hinzu und erhitze langsam fast bis zum Sieden. Der Harn vorher auf sein 10- bis 20faches Volumen verdünnt, wird aus einer Bürette unter Umrühren so lange in die heisse Titrirlösung geträufelt, bis genau jede letzte Spur blauer Färbung verschwunden ist, oder bis ein Tropfen des Fluidums auf einem mit Essigsäure und Kaliumeisencyanür getränkten Fliesspapier keine rothe Färbung mehr macht. Man liest nun an der Bürettenscala die Menge des verwendeten Harnes (mit Berücksichtigung der Verdünnung) ab und weiss nun, dass in dem gefundenen Quantum des zur Reduction verbrauchten Harnes 0,05 Gr. Traubenzucker war. Daraus folgt leicht die Berechnung des Zuckers für die ganze Harnmenge.

Bestimmung durch den Polarisationsapparat.

III. Durch den Polarisationsapparat von Ventzke-Soleil, oder Mitscherlich. Der Traubenzucker besitzt in wässeriger Lösung die constante specifische Rechtsdrehung + 56 des polarisirten Lichtes. Durch den Mitscher-

lich'schen Apparat bestimmt sich das Gewicht des Zuckers in Grammen in 1 Ccmtr. Harn $p = \frac{a}{+56 \cdot l}$, worin a die beobachtete Drehung, l die Länge des Beobachtungsrohres und + 56 das specifische Drehungsvermögen des Traubenzuckers bedeutet. (Vgl. Nachweisung von Zucker im Harn.)

156. Mechanismus der Verdauungswerkzeuge.

Der Mechanismus der Verdauungswerkzeuge umfasst die folgenden verschiedenen Acte der Thätigkeit:

1. Das Ergreifen der Nahrungsmittel, die Kau- und Zungenbewegungen, die Einspeichelung und Bissenbildung.
2. Die Schlingbewegung.
3. Die Bewegungen des Magens, Dünndarmes und Dickdarmes.
4. Die Ausstossung der Fäcalstoffe.

157. Ergreifen der Nahrungsmittel (Reprehensio).

Die flüssigen Nahrungsmittel werden in die Mundhöhle befördert: 1. Durch Saugen. Indem die Lippen zur Umschliessung des die Flüssigkeit hergebenden Körpers luftdicht sich umlegen, bewirkt die einem Spritzenstempel ähnlich sich zurückziehende Zunge (oft unter Senkung des Kiefers) den Eintritt in die Mundhöhle. Herz fand, dass der durch das Saugen von Säuglingen hervorgebrachte negative Druck 3—10 Mm. Hg beträgt. — 2. Die Flüssigkeit wird aufgeschlürft, wenn dieselbe direct mit den Lippen in Verbindung gebracht wird und sodann durch eine Aspiration zugleich mit Luft unter charakteristischem Geräusch in die Mundhöhle übergeht. — 3. Auch durch Eingiessen kann Flüssigkeit in die Mundhöhle gelangen, wobei in der Regel sich die Lippen an die das Fluidum enthaltenden Gegenstände dicht anlegen.

Saugen. *Schlürfen.* *Eingiessen.*

Die festen Nahrungsstoffe werden, sofern es sich um kleinere Partikel handelt, mit Hilfe der Lippen, unterstützt von der Zunge, aufgelesen. — Von grösseren zusammenhängenden Substanzen wird durch die meisselförmigen Schneide- und scharfen Eckzähne ein Stück abgebissen und sodann zum Behufe weiterer Zerkleinerung durch die Lippen, Wangen und Zunge unter die höckerigen Flächen der Kauzähne gebracht.

Auflesen, Abbeissen.

158. Die Kaubewegungen (Masticatio).

Einrichtung des Kiefergelenkes.

Das Kiefergelenk ist durch einen Zwischenknorpel (Vidius † 1567), den Meniscus, — dem zugleich die Aufgabe zufällt, bei der energischen Wirkung der Kaumuskeln beim Beissen den gegenseitigen directen Druck der Gelenkflächen abzuhalten, — in zwei über einander liegende Hohlräume getheilt. Die Gelenkkapsel, namentlich durch das äussere Band ansehnlich verstärkt, ist so geräumig, dass sie neben dem Heben und Senken des Unterkiefers zugleich

noch eine Verschiebung des Gelenkkopfes nach vorn auf das Tuberculum articulare zulässt, wobei der Meniscus als deckende Kappe den Kopf nicht verlässt.

Kiefer-bewegungen. Die Kaubewegungen setzen sich aus folgenden Einzelbewegungen des Kiefers zusammen.

Erhebung. a) Die Erhebung des Kiefers wird durch die vereinigte Wirkung der Musculi temporales, masseteres und pterygoidei interni bewirkt. War vorher der Unterkiefer stark gesenkt, so dass die Gelenkköpfe nach vorn auf das Taberculum articulare getreten waren, so gehen sie nunmehr in die Gelenkhöhle zurück.

Hebung des Kiefers in besonderer Stellung. Wird beim Erheben des Unterkiefers eine besondere Stellung des letzteren eingehalten, so fällt die Wirkung desjenigen Muskels aus, der den Kiefer aus dieser Stellung herausbewegen würde, wie sich aus Folgendem ergibt: 1. Bei Erhebung des möglichst hervorgestreckten Unterkiefers fällt die Wirkung der Mm. temporales aus, weil diese bei ihrer Hebewirkung den Kiefer zugleich zurückziehen würden. — 2. Bei möglichst stark zurückgeschobenem Unterkiefer wirken hebend nur die Temporales, weil die anderen Muskel zugleich hervorziehend wirken würden. — 3. Bei seitlich verschoben gehaltenem Unterkiefer fällt die hebende Wirkung des Temporalis aus.

Senkung. b) Die Abwärtsbewegung des Unterkiefers geht schon durch das eigene Gewicht vor sich, — unterstützt wird dieselbe jedoch durch die vorderen Bäuche der Digastrici, die Mm. mylo- und genio-hyoidei (und Platysma Haller). Die Muskeln wirken zumal bei forcirter Mundöffnung, sowie für den Fall, dass der Unterkiefer dem Oberkiefer (durch irgend welche Action) angepresst würde. Die nothwendige Fixirung des Zungenbeines besorgen der Omo- und Sterno-hyoideus, sowie der vereinigt wirkende Sterno-thyreoideus und Thyreo-hyoideus.

Da beim starken Niedergehen des Unterkiefers sich die Gelenkköpfe nach vorn auf das Tuberculum articulare begeben, so ist angenommen worden, dass in diesem Falle die Mm. pterygoidei externi dieses Vorschieben activ begünstigen (Bérard). — Bei besonders starker Munderöffnung gehen zugleich die Oberkiefer in die Höhe, indem sich der Kopf im Atlasgelenke hintenüber bewegt, wobei (bei fixirtem Zungenbein) der hintere Bauch des Digastricus, sowie der Stylo-hyoïdeus wirken (Ferrein, Bordeu). (Bei manchen Thieren sind auf- und abwärts bewegliche Oberkiefer vorhanden, z. B. unter den Vögeln bei den Papageien, sowie bei den Krokodilen, Schlangen, Fischen).

Horizontale Verschiebung nach vorn und hinten. c) Verschiebung beider oder eines Gelenkkopfes nach vorn und hinten. In der Ruhe bei geschlossenem Munde stehen die Schneidezähne des Unterkiefers etwas hinter denen des Oberkiefers. In dieser Lage bewirken 1. Das Hervorstrecken des Unterkiefers die Mm. pterygoidei externi. Da hierbei der Gelenkkopf auf das Tuberculum articulare (also auch niederwärts) tritt, so müssen die seitlichen Zähne in dieser Stellung von einander weichen. — 2. Die zurückziehende Bewegung besorgen die Mm. pterygoidei interni (wohl stets ohne Beihilfe der hinteren Temporalisfasern). — 3. Es wird nur der eine Gelenkkopf nach vorn gezogen, und wieder zurück durch den M. pterygoideus externus, und internus derselben Seite. Hierbei findet eine Transversalbewegung des

Horizontale Seiten-verschiebung.

Unterkiefers statt, wobei die Backenzähne der vorgezogenen Seite von einander weichen. Je mehr der Unterkiefer gesenkt ist, um so unergiebiger ist diese Bewegung.

Geordnete Kau-bewegung. Bei der Kaubewegung, bei welcher die einzelnen Bewegungen des Unterkiefers sowohl die Hebung und Senkung, sowie auch die transversale „Mahlbewegung" sich vielfach combiniren, werden nun die zu zerkleinernden Gegenstände von aussen her durch die Lippenmuskeln (Orbicularis oris) und die Buccinatoren, — von innen durch die Zunge unter die Kauflächen der Mahlzähne geschoben. Das Tastgefühl der Zähne, das Muskelgefühl der Kaumuskeln, sowie das Tastgefühl der Mundschleimhaut und der Lippen regulirt die aufzubietende Kraft der Kiefermuskeln zum Zerkleinern. *Formation des Bissens.* Unter gleichzeitiger Einspeichelung kleben die zerkleinerten Partikeln zu einer Masse zusammen, die dann auf dem Zungenrücken zu einer länglich runden Gestalt, dem „Bissen" (Bolus), geformt werden.

Nerven der Kaumuskeln. Die Kaumuskeln, sowie der Buccinator erhalten ihre motorischen Nerven aus der Portio crotaphitico-buccinatoria des dritten Trigeminusastes, ebenso der Mylohyoideus und der vordere Bauch des Digastricus maxillae inferioris. Der N. hypoglossus innervirt die Mm. geniohyoideus, omo- und sterno-hyoideus, sowie den Sterno-thyreoideus und Thyreohyoideus. Der hintere Bauch des Digastricus, der Stylohyoideus, das Platysma und die Lippenmuskeln versorgt der N. facialis. *Kau-Centrum.* Das gemeinsame nervöse Centrum für die Kaubewegungen liegt in der Medulla oblongata (Schröder van der Kolk).

Schluss der Mundhöhle durch den Luftdruck. Bei geschlossenem Munde wird die dauernde Stellung der Kiefer gegen einander durch den Luftdruck bewirkt, da die Mundhöhle völlig luftleer gemacht ist, und vorn die Lippen, hinten das Gaumensegel den Lufteintritt verwehren. Dieses Anpressen durch den Luftdruck entspricht einer Hg-Höhe von — 2 bis — 4 Mm. (Metzger und Donders).

159. Bau und Entwickelung der Zähne.

Der Zahn als eigenthümlich entwickelte Papille. Der Zahn ist als eine durch charakteristische Bildungsvorgänge zu einer bedeutenden Grösse und eigenartiger Structur formirte Papille der Kieferschleimhaut zu bezeichnen. In seiner einfachsten Gestalt erscheint der Zahn noch als Hornzahn (z. B. des Neunauges und Schnabelthieres), wo das bindegewebige Gerüst der Papille äusserlich mit starken verhornten Epithellagern überdeckt ist (der Haar- und Borstenbildung vergleichbar). — Bei der Zahnbildung des Menschen geht eine dicke Mantelschicht des Papillarkegels in die feste verkalkte Dentinschicht über, das Epithel der Papille liefert den Schmelz, während endlich noch an der Basis des Kegels eine accessorische Umlagerung durch eine dünne Knochenrinde (Cement) sich vollzieht.

Dentin von Zahn-canälchen mit Zahnscheiden durchzogen Das Zahnbein (Elfenbein, Ebur, Dentin), welches ringsumher das Cavum dentis und den Canalis radicis umschliesst, ist sehr fest, elastisch und spröde. Dasselbe wird von zahllosen langen, korkzieherartig gewundenen „Zahncanälchen" (Leeuwenhoek 1678) durchzogen, welche sämmtlich mit freien Oeffnungen im Binnenraume des Zahnes beginnend senkrecht das Dentin durchsetzend bis zu dessen äusserster Schicht vordringen. Die Begrenzungsschicht der Canälchen bildet eine äusserst resistente dünne cuticula-ähnliche Lage, welche eingreifenden chemischen Agentien am längsten widersteht, die „Zahnscheide" (E. Neumann 1863). Im Innern der Hohlräume der Zahncanälchen liegen endlich weiche, dieselben völlig ausfüllende Fasern, die „Zahnfasern" (Tomes 1840), welche als enorm verlängerte Ausläufer der oberflächlichen Pulpazellen, der Odontoblasten (Waldeyer 1865) zu betrachten sind. *Odonto-blasten enthaltend.*

Die Zahncanälchen und ebenso ihr Inhalt, die Zahnfasern, anastomosiren auf ihrem ganzen Verlaufe vermittelst abgehender Ausläufer; gegen den Schmelz hin (in den sie niemals eintreten) biegen die letzten bogenförmig in einander über, während andere in die hier reichlicher liegenden „Interglobularräume“ (Czermak 1850) übergehen. Letztere sind kleine, namentlich an der Perpherie des Dentins zahlreicher liegende Lücken, begrenzt von kugeligen Flächen (in denen man mitunter Zellen liegend erkannt hat). Mit blossem Auge erkennt man im Elfenbein (namentlich des Elephantenzahnes) eigenthümliche Linien, die parallel den Zahnconturen hinziehen, die Schreger'schen Linien (1800), welche davon herrühren, dass an diesen Stellen alle Zahncanälchen in ihren Hauptbiegungen einen gleichen Verlauf einnehmen (Retzius 1837).

Interglobularräume.

Schreger's Linien.

Der Schmelz bestehend aus Prismen, ist ein verkalktes Epithel.

Der Schmelz (Substantia vitrea, Adamas, Email), die härteste (dem Apatit nahestehende) Substanz des Körpers, überzieht die freivorstehende Krone des Zahnes. Er besteht aus senkrecht nebeneinander palisadenförmig aufgerichteten, sechsseitigen, gegen einander abgeflachten Prismen (Malpighi 1687), den Schmelzprismen (3—5 μ breit). Sie sind in ihrem Verlaufe unregelmässig dick, dabei etwas nach verschiedener Richtung gebogen und zeigen durch ungleichartige Verdichtung ihrer Substanz meist eine grobe Querstreifung. Ihrer Natur nach sind die Schmelzprismen verlängerte und verkalkte Cylinderepithelien (der Zahnpapille).

Retzius beschrieb im Schmelze dunkle, mit der äusseren Begrenzung des Schmelzes gleich verlaufende „bräunliche Parallelstreifen“, die von Pigmentablagerung im Schmelze herrühren.

Der fertige Schmelz ist stark negativ doppelbrechend und einaxig, der sich entwickelnde positiv doppelbrechend (Hoppe-Seyler).

Das Schmelz-Oberhäutchen.

Die Cuticula (Schmelzoberhäutchen) überzieht die freie Schmelzfläche als ein völlig structurloses, 1—2 μ dickes Häutchen (Nasmyth 1839), das bei ganz jungen Zähnen noch ein epithelartiges Gefüge zeigt und herstammt vom äusseren Epithellager des Schmelzorganes.

Das Cement als echte Knochenrinde.

Das Cement (J. Hunter 1778; — Zahnkitt, Caementum, Substantia ossea) stellt eine dünne, die Wurzel überziehende Knochenrinde dar, deren Lacunen mit den hierhin vordringenden Zahncanälchen des Dentins der Wurzel direct anastomosiren.

Nur in dicken Cementlagen der Wurzelspitze sind Havers'sche Canäle und Lamellen zu finden, erstere mitunter in die Zahnhöhle führend (Salter). Ganz dünne Cementlagen können ohne Knochenkörperchen sein. Im Hundecement finden sich Sharpey'sche Fasern (Waldeyer), in dem des Pferdes sind einzelne Knochenkörperchen von kapselartigen Umgrenzungen umgeben (Gerber).

Chemische Bestandtheile der Zähne.

Chemie der Hartgebilde des Zahnes. Die Zähne bestehen aus einem Gerüste leimgebender Substanz, durchdrungen von Calciumphosphatcarbonat (ähnlich wie die Knochen). 1. Das Zahnbein enthält: Organische Substanz 27·70 — Calciumphosphatcarbonat 72·06 — Magnesiumphosphat 0·75, neben Spuren von Eisen, Fluor und Schwefelsäure (Aeby, Hoppe-Seyler).

2. Der Schmelz enthält als organische Grundlage eine dem Eiweisskörper der Epithelien nahestehende Substanz. An unorganischen Beständen enthält er: (neben 3·60 organischer Substanz) — Calciumphosphatcarbonat 96·00 — Magnesiumphosphat 1·05 — neben Spuren von Fluorcalcium und einer unlöslichen Chlorverbindung (Aeby, Hoppe-Seyler).

3. Das Cement stimmt auch in chemischer Beziehung völlig mit echter Knochensubstanz überein.

Die Zahnpulpa ist im erwachsenen Zahne der Rest der Zahnpapille, um welche sich die erhärtende Dentinschicht abgelagert hat. Sie besteht aus einem sehr zellenreichen, undeutlich faserigen, capillarreichen Bindegewebe. Die oberflächlichste, dem Dentin anliegende Schicht der Zellen, die einem Epithel nicht unähnlich, dicht nebeneinander gelagert erscheinen, sind die (25 μ langen, 5 μ breiten) membranlosen Odontoblasten (Waldeyer 1865), d. h. diejenigen Zellen, von denen die Bildung des Dentins ausgeht. Sie entsenden in die Zahncanälchen lange Fortsätze, während ihr kernhaltiger Zellkörper auf der Oberfläche der Pulpa ruhend, durch andere Fortsätze eine Verbindung mit der

Pulpa und mit benachbarten Odontoblasten bewirkt. Zahlreiche marklose Nervenfasern (sensible vom Trigeminus), deren Endausbreitung unbekannt ist, werden im Gewebe der Pulpa angetroffen.

Wurzel-Periost. Das Periost der Wurzel (und zugleich der Alveolushöhle) ist von sehr zarter Beschaffenheit, arm an elastischen Fasern, dagegen reich an Nerven.

Das Zahnfleisch entbehrt der Schleimdrüsen, und zeichnet sich durch seine gefässreichen langen, oft mit Nebensprossen besetzten Papillen aus.

Zahnbildung. **Entwickelung der Zähne.** Sie beginnt am Ende des 2. Monats des Fötallebens. Auf der ganzen Länge des Kieferrandes befindet sich eine aus dicker Epithelialschichtung gebildete hervorragende Kante, „der Kieferwall". *Kieferwall und Zahnfurche.* Von dieser Epithelschicht senkt sich in den Kiefer hinein eine, ebenfalls von Epithelien angefüllte Rinne, „die Zahnfurche", die also unter der Basis des Walles verläuft. Die Zahnfurche vertieft sich weiterhin in ihrer ganzen Längsausdehnung zu einer Form, welche dem Querschnitte einer Champagnerflasche ähnlich ist, und gleichfalls ganz von epithelialen mehr länglichen Bildungszellen erfüllt ist: „dem Schmelzorgan".

Anlage des Schmelzes. Dentinkeim. Aus der Tiefe des Kiefers wächst dem Schmelzorgan die aus Schleimgewebe gebildete kegelförmige Papille „der Dentinkeim", entgegen, so zwar, dass dessen Spitze das Schmelzorgan wie eine Doppelkappe aufgesetzt erhält. Nun vergehen die zwischen den einzelnen Dentinkeimen liegenden verbindenden Theile des Schmelzorganes durch Wucherung des Bingewebes, welches nunmehr nach und nach ringsum als „Zahnsäckchen" die Papille und ihr Schmelzorgan einschliesst. *Zahn-säckchen.*

Von den Epithelzellen des Schmelzorganes bilden diejenigen, welche den Kopf der Papille zunächst als zusammenhängende Schicht bedecken, ein Cylinderepithel, welches weiterhin durch Verkalkung zu den Schmelzprismen erstarrt. Diejenige Lage der Zellen der Doppelkappe jedoch, welche nach oben dem Zahnsäckchen zugewandt liegt, plattet sich ab, verschmilzt und geht durch eine Hornmetamorphose in die Cuticula über, während die zwischen beiden Schichten liegenden Epithelzellen durch eine eigenthümliche intermediäre Metamorphose, in welcher dieselben den Sternzellen des Schleimgewebes gleichen, allmählich völlig atrophiren. *Cuticula-bildung.*

Dentin-bildung. Das Dentin bildet sich auf der obersten Fläche der hervorgewucherten bindegewebigen Zahnpapille, indem die hier in continuirlicher Lage angeordneten Odontoblasten verkalken, jedoch so, dass nicht verkalkte Fasern, die Zahnfasern von den Zellen übrig bleiben. „Durch den Pulpafortsatz steht jeder Odontoblast mit den tiefer gelegenen, sich successive vergrössernden Zellen der jungen Pulpa in Verbindung, so dass, wenn ein Odontoblast bis auf das Faserrudiment verknöchert ist, ein anderer an seine Stelle tritt, ohne dass die Continuität der Faser unterbrochen wird. Demzufolge muss also jede Zahnfaser mit ihren Anastomosen als ein Rudiment mehrerer zusammenhängender Odontoblasten angesehen werden" (Waldeyer). — Es herrscht also bei der Dentinerhärtung ganz derselbe Vorgang wie beim Ossificationsprocess durch die Osteoblasten.

Cement-bildung. Das Cement bildet sich aus dem weichen Bindegewebe der Zahnalveole durch Verknöcherung. Dieses Bindegewebe geht aus dem ganzen basalen Bereich des Zahnsäckchens hervor.

Anlage der bleibenden Zähne. **Zahnwechsel.** Schon während der Entwickelung der ersten (Milch-) Zähne bildet sich für die bleibenden ein besonderes Schmelzorgan neben dem ersteren (Kölliker), bleibt jedoch im Wachsthum bis zum Zahnwechsel zurück; die Papille des definitiven Zahnes fehlt anfänglich noch. — Wächst der bleibende Zahn, so durchbricht sein Säckchen zuerst von unten her die Alveoluswand des Milchzahnes.

Resorption der Milchzahn-wurzeln. Das Gewebe dieses Zahnsäckchens bringt als erodirendes Granulationsgewebe die Wurzel des Milchzahnes und weiterhin auch dessen Körper bis zur Krone zur Resorption, ohne dass etwa seine Gefässe atrophiren. Die Amöboidzellen des Granulationsgewebes sollen bei der Resorption des Milchzahnes durch ihre ausgesendeten Fortsätze eine Art Minirarbeit ausführen, wobei sie sogar Kalkkrümel des einzuschmelzenden Zahnes in sich aufnehmen (Kehrer 1867, Lieberkühn).

Verlauf des Zahnens. Vom 9. Lebensmonat bis zum 2. Jahre brechen in folgender Reihe die Zähne durch: untere innere Schneide-, obere innere Schneide-, obere äussere Schneide-, untere äussere Schneide-, erste Back-, Eck-, zweite Backzähne. — Der Zahnwechsel beginnt im 7. Jahr in derselben Reihenfolge; die hintersten Backzähne erscheinen erst gegen das 20. Jahr, daher „Weisheitszähne" genannt (können sogar bis zum 80. Lebensjahr ausbrechen; (Aristoteles).

Um die Erforschung der Zahnbildung haben sich Purkinje und seine Schüler, sowie Arnold, Goodsir, Marcusen, Kölliker und Waldeyer die grössten Verdienste erworben.

Vergleichendes. Bei Nagethieren kann man das ununterbrochene Wachsthum der Schneidezähne als Ersatz der durch Abkauen abgenützten freien Enden mit Leichtigkeit constatiren.

Zieht man Nagern die gegenüberstehenden Schneidezähne aus, so wachsen die übriggebliebenen, nunmehr durch Widerbiss nicht abnützbar, in langem Bogen aus dem Kiefer hervor. — Dass auch beim Menschen ein fortwährender Widerersatz im Zahne stattfinden muss, dürfte kaum bezweifelt werden, wenngleich der Vorgang nicht bekannt ist. Erst wenn im Alter die Regenerationskraft vermindert wird, erhalten die Zähne „abgekaute" Flächen. Schon Aristoteles hielt die Zähne für permanent wachsend. Die Gefässe der Zähne, schon dem Hippokrates bekannt, liefern das den Stoffwechsel unterhaltende Material. Bei den echten Walen findet der Wegfall der ersten Zähne bereits im Mutterleibe statt, an ihrer Stelle entwickeln sich später die Barten.

160. Bewegungen der Zunge.

Aufgabe der Bewegung. Die Zunge, das beweglichste, durch und durch aus Musculatur (Aretaeus 81 n. Chr.) bestehende Organ, trägt 1) beim Kauen wesentlich bei, stets von innen her die Speisen unter die Kauflächen der Zähne zu schiebend. — Sie sammelt ferner 2) die zerkleinerten, durch Speichel verklebten Massen zum eiförmig geformten Bissen. — Endlich 3) bewirkt sie die Bewegung des Bissens über ihren Rücken hinweg in den Schlund zum Behufe des Verschlingens.

Der Verlauf der Muskelfasern ist vornehmlich ein dreifacher: longitudinal von der Spitze zur Wurzel, — transversal, meist von dem sagittal ausgespannten Septum linguae ausgehend, — vertical, der Dicke nach das Organ durchsetzend. Theils gehören ferner die Muskeln der Zunge allein als solcher an, theils treten sie zu ihr hin von anderen festen Punkten: dem Zungenbein, dem Unterkiefer, dem Griffelfortsatz, dem Gaumen.

Mikroskopische Charaktere. Mikroskopisch sind die Fasern quergestreift, mit zarten Sarkolemma umhüllt, an den Enden nicht selten gabelig getheilt (Leeuwenhoek). Die Bündel verflechten sich vielfältig unter einander, in deren Zwischenräumen kleine Fetteinlagerungen angetroffen werden. — *Analyse der Zungenbewegungen.* Bei der Analyse der Zungenbewegungen kann man ihre Formveränderung und ihre Ortsveränderung unterscheiden.

1. Verkürzung und Verbreiterung durch den M. longitudinalis unterstützt vom M. hyoglossus.

2. Verlängerung und Verschmälerung durch den M. transversus linguae.

3. Höhlung des Zungenrückens durch Contraction des M. transversus bei gleichzeitiger Wirkung der medialen, senkrecht durchgehenden Fasern.

4. Wölbung des Zungenrückens, a) transversal, durch Contraction der untersten Querfaserzüge; — b) longitudinal, durch Wirkung der untersten Längsmuskeln.

5. Herausstrecken der Zunge bewirkt der M. genioglossus; dabei meistens zugleich die Wirkung 2.

6. Zurückziehen der Zunge durch den Hyoglossus und Styloglossus; dabei meistens zugleich Wirkung 1.

7. Niederdrücken der Zunge an den Boden der Mundhöhle durch den M. hyoglossus. Dabei kann durch Senkung des Zungenbeines die Mundhöhle am Boden noch erheblicher vertieft werden.

8. Erhebung der Zunge gegen den Gaumen; a) an der Spitze durch die vorderen Theile der oberen Längsfasern; — b) in der Mitte vermittelst Hebung des ganzen Zungenbeines durch den M. mylohyoideus (N. trigeminus); — c) der Wurzel durch den M. styloglossus und palatoglossus, sowie indirect durch den Stylohyoideus (N. facialis).

9. Die seitlichen Bewegungen der Zunge, wodurch die Spitze nach rechts oder links abweicht, bewirken die contrahirten Längsmuskeln einer Seite.

Motorischer Nerv.

Der eigentliche Bewegungsnerv der Zunge ist der N. hypoglossus. Bei seiner einseitigen Lähmung ist die Spitze der in der Mundhöhle ruhig liegenden Zunge nach der gesunden Seite gerichtet, weil der Tonus der ungelähmten Longitudinalfasern die gesunde Seite etwas verkürzt. Wird jedoch die Zunge herausgestreckt, so weicht die Spitze nach der gelähmten Seite hin. Dies rührt her von der von der Mitte (spina mentalis interna) nach hinten und aussen verlaufenden Richtung des Genioglossus, dessen Zugrichtung die Zunge natürlich folgen muss. — Zungen getödteter Thiere zeigen mitunter fibrilläre Muskelzuckungen einen ganzen Tag hindurch (Cardanus 1550).

161. Schlingbewegung (Deglutatio).

Art der Bewegung.

Die Fortbewegung des Inhaltes des Nahrungscanales erfolgt durch einen Bewegungsvorgang der Art, dass sich das Rohr vor der Inhaltsmasse zusammenzieht, und, indem diese Contraction an dem Rohre entlang fortschreitet, auf diese Weise die Contenta vor sich her weiterschiebt. Diese Bewegung wird Motus peristalticus genannt.

Der erste und complicirteste Act dieser Gesammtbewegung ist die Schlingbewegung, an welcher man der Reihe nach folgende Einzelbewegungen unterscheiden kann:

1. Die Mundspalte wird verschlossen durch den M. orbicularis oris (N. facialis).

2. Die Kiefer werden gegen einander gepresst durch die Kaumuskeln (N. trigeminus); hierbei gibt der Unterkiefer zugleich einen festen Punkt ab für die Wirkung der Unterkiefer-Zungenbeinmuskeln.

3. Nach einander werden Zungenspitze, Zungenrücken und Zungenwurzel (siehe Zungenbewegung) dem harten Gaumen angepresst, wodurch der Mundinhalt (Bissen oder Schluck) nach dem Rachen hin verdrängt wird.

4. Ist der Bissen an dem vorderen Gaumenbogen vorbeigeglitten (der Schleim der Mandeldrüschen macht ihn nochmals schlüpfrig), so wird ihm die Rückkehr in die Mundhöhle dadurch abgeschnitten, dass die in den vorderen Gaumenbögen liegenden Mm. palatoglossi diese Bögen coulissenartig straff gegen einander und gegen den erhobenen Zungenrücken (M. styloglossus) anspannen (Dzondi 1831).

5. Der Bissen befindet sich nunmehr hinter den vorderen Gaumenbögen und der Zungenwurzel, im Innern des Schlundkopfes der successiven Einwirkung der drei Schlundschnürer ausgesetzt, die ihn vor sich her schieben. Die Wirkung des zuerst in die Action tretenden oberen Schlundschnürers ist stets combinirt mit einer horizontalen Erhebung (Levator veli palatini; N. facialis) und Anspannung (Tensor veli palatini; N. trigeminus, Ggl. oticum) des weichen Gaumens (Bidder 1838). Der obere Schlundschnürer presst (durch den Pterygopharyngeus) die hintere und seitliche Pharynxwand wulstförmig dicht an den hinteren Rand des horizontal erhobenen und gespannten Gaumensegels (Passavant), wobei sich zugleich die Ränder der hinteren Gaumenbögen nähern (Palatopharyngeus). Hierdurch ist das Cavum pharyngo-nasale völlig abgeschlossen, so dass der Bissen nicht in die Nasenhöhle aufwärts gepresst werden kann.

Bei Menschen mit angeborenen oder erworbenen Defecten des weichen Gaumens gelangen beim Schlingen zugleich Massen in die Nase.

Untersuchung der Gaumenbewegung.

Die Erhebung des Gaumensegels kann leicht dadurch demonstrirt werden, dass man durch ein Nasenloch, dem Boden der Nasenhöhle entlang, ein leichtes Stäbchen so weit einführt, bis sein hinteres Ende auf dem Gaumensegel ruht. Bei jeder Schlingbewegung senkt sich das aus dem Nasenloche hervorragende freie Ende des Stäbchens, weil durch die Erhebung des Gaumensegels sein hinteres Ende emporgehoben wird (Debrou 1841).

6. Vor der successiven Contraction der unter einander angeordneten Fasern des oberen, mittleren und unteren Schlundschnürers ausweichend wird der Bissen abwärts in den Oesophagus geschoben. Hierbei ist vor Allem nöthig, dass der Eingang zum Kehlkopfe geschlossen werde, um ein „Verschlucken" zu verhüten.

Kehlkopfsschluss.

Der Kehlkopfsschluss wird durch folgende Bewegungen vollzogen: a) Es wird der ganze Kehlkopf (bei Fixation des Unterkiefers) in der Richtung nach oben und vorn unter die eben hierdurch sich über ihn hinweg wölbende Zungenwurzel emporgezogen. Dies geschieht durch Emporhebung des Zungenbeines nach vorn und oben, durch die Mm. geniohyoideus, vorderen Bauch des digastricus und mylohyoideus, sowie durch Annäherung des Kehlkopfes dicht an das Zungenbein

(Berengar 1521) durch den Thyreohyoideus. — b) Indem der Kehlkopf so nach oben und vorn unter die überhängende Zungenwurzel gezogen wird, drückt diese den Kehldeckel über den Kehlkopfseingang nieder, so dass nun der Bissen über ihn hinweggleiten kann. Es wird überdies der Kehldeckel durch besondere Muskelfasern des Reflector epiglottidis (Theile) und Aryepiglotticus über den Kehlkopfseingang gebeugt und niedergezogen.

Absichtliche Verletzungen des Kehldeckels bei Thieren, oder Zerstörung desselben bei Menschen zieht leicht „Verschlucken" von Flüssigkeiten nach sich, während feste Bissen ziemlich ohne Störungen niedergebracht werden können. Bei Hunden werden allerdings (gefärbte) Flüssigkeiten vom Rücken der Zungenwurzel direct in den Schlund abwärts befördert, ohne dass sie die obere Fläche des unter der überhängenden Zungenwurzel verborgenen Kehldeckels zu tingiren brauchen (Magendie, Schiff).

c) Endlich verhindert noch eine Schliessung der Stimmritze durch die Constrictoren des Kehlkopfes ein Eindringen der niedergeschluckten Substanzen in den Larynx (Czermak).

Damit durch den niedergehenden Bissen nicht auch der Pharynx selbst mit niedergezogen werde, ziehen der Stylopharyngeus, Salpingopharyngeus und Baseopharyngeus denselben während der Thätigkeit der Constrictoren aufwärts.

Nerventhätigkeit beim Schlingen.

Die Schlingbewegung ist nur soweit eine willkürliche, als sie innerhalb der Mundhöhle vor sich geht. Von dem Durchgange des Bissens durch die Gaumenbögen in den Schlund an ist dieselbe unwillkürlich, ein wohlgeordneter Reflexvorgang. Man vermag daher Schlingbewegungen ohne Bissen unwillkürlich nur innerhalb der Mundhöhle zu vollführen; — der Schlundkopf nimmt die Bewegungen nur auf, falls ein Inhalt (Speisen oder Speichel) mechanisch die Reflexaction anregt. Die sensiblen Zweige, welche durch diese mechanische Erregung den unwillkürlichen Schlingact anregen, sind nach Schröder van der Kolk die Gaumenzweige des N. trigeminus (aus dem Ggl. sphenopalatinum), und die Rachenäste des Vagus (Waller, Prevost). Nach ersterem Forscher soll das Centrum der betheiligten Nerven (für die quergestreiften Muskeln) in den Nebenoliven der Medulla oblongata liegen. Das Schlingen ist auch im bewusstlosen Zustande, sowie nach Zerstörung des Hirns, Kleinhirns und der Brücke noch möglich.

Die Nerven des Schlundes sind belegen in dem aus Antheilen des Vagus, Glossopharyngeus und Sympathicus sich zusammensetzenden Plexus pharyngeus.

Bewegung der Speiseröhre.

Innerhalb der Speiseröhre, deren geschichtetes Plattenepithel durch den Schleim zahlreicher kleiner, einfach traubenförmiger Schleimdrüschen schlüpfrig erhalten wird, geschieht die Abwärtsbewegung nur unwillkürlich (durch einen vom Schlingcentrum aus geleiteten coordinirten Bewegungsact), durch eine reine peristaltische Bewegung der äusseren longitudinalen und inneren circulären glatten Muskelfasern.

Im oberen Theile des Oesophagus, in welchem quergestreifte Muskelfasern sind, verläuft die Peristaltik schneller, als im unteren. Die Bewegungen der Speiseröhre entstehen nie für sich allein und durch sich selbst allein, sondern sie schliessen sich stets an eine stattgehabte Schlingbewegung an. Wird nämlich durch eine äussere Oesophaguswunde ein Bissen in die Röhre desselben gesteckt, so bleibt er dort liegen; erst dann, wenn von oben her eine Schlingbewegung niedergeht, wird er mit nach unten genommen (Volkmann). Die Peristaltik setzt sich stets über die ganze Länge der Speiseröhre hinweg, sogar

wenn dieselbe unterbunden ist, oder ein Theil derselben ausgeschnitten war (Mosso). Ebenso verläuft die Peristaltik bis abwärts, wenn man Hunde ein an einem Faden befestigtes Stück Fleisch bis zur halben Oesophaguslänge verschlucken lässt und es von hier wieder herauszieht (Ludwig und Wild).

Der Bewegungsnerv des Oesophagus ist der Vagus (nicht Accessoriusfäden), nach dessen Durchschneidung die Bissen im Oesophagus, namentlich im unteren Theile stecken bleiben.

Sehr grosse und sehr kleine Bissen werden mit grösserer Anstrengung durch die Schlingbewegung weiter befördert als mittelgrosse. Hunde konnten den Bissen, welchem ein Gewicht bis 450 Gr. das Gegengewicht leistete, noch niederbringen (Mosso). — Bei starker Thoraxausdehnung geht im Oesophagus (wegen des starken elastischen Zuges der gedehnten Lungen) die Schlingbewegung weniger leicht von statten.

Goltz fand die merkwürdige Thatsache, dass Schlund und Magen (vom Frosche) eine sehr gesteigerte Erregbarkeit erhalten (resp. die in ihnen enthaltenen nervösen gangliösen Plexus), wenn Hirn und Rückenmark oder beide Vagi zerstört sind. Sie ziehen sich nämlich alsdann energisch perlschnurartig zusammen, auch schon nach geringfügiger Reizung, während Thiere mit unverletztem Central-Nervensystem eingebrachte Flüssigkeit einfach durch Peristaltik niederschlucken. Es ist daran zu erinnern, dass Menschen mit hochgradig geschwächtem Nervensystem (Hysterische) nicht selten ähnliche spasmodische Contractionen der Schlundregionen darbieten (Globus hystericus). Schiff sah auch bei Hunden nach bilateraler Vagussection krampfhafte Verengerungen im Schlunde.

162. Bewegungen des Magens. Das Erbrechen.

Lage des Magens.

Während der leere Magen die grosse Curvatur nach abwärts, die kleine aufwärts gewandt hält, macht der gefüllte Magen um eine horizontal durch Pylorus und Cardia gelegt gedachte Axe eine Drehung derart, dass nunmehr die grosse Curvatur nach vorn, die kleine nach hinten gerichtet erscheint.

Anordnung der Muskelfasern.

Am Magen verlaufen ausser den äusseren longitudinalen und inneren ringförmigen Fasern noch in diagonaler Richtung angeordnete Fibrae obliquae. Am Pylorus bildet die Musculatur durch Verdickung einen ringförmigen Schliessmuskel, dessen Fasern sich bis in die Valvula pylori erstrecken (während an der Cardia ein derartiger Muskelring fehlt; Gianuzzi).

Die rotirend-reibende Bewegung.

Die Bewegungen des Magens sind zweierlei Art: 1. Die rotirend-reibende Bewegung, durch welche die den Ingestis unmittelbar anliegenden Magenwandungen in langsamen verschiebenden Reibbewegungen hin und her gleiten. Wie es scheint, erfolgen diese Bewegungen periodisch, jeder Turnus einige Minuten andauernd (Beaumont).

Man kann sich diese Bewegung vorstellen, wie wenn man zwischen beiden Hohlhänden durch rotirende, im entgegengesetzten Sinne in beiden Händen ausgeführte, Bewegungen eine Kugel langsam wälzt (in der That werden bei Rindern und Hunden im Magen verschluckte Haare zu sehr regelmässigen Kugeln zusammengeballt). Zweck dieser Rotationsbewegung (deren Richtung genauer übrigens nicht bekannt ist) ist die innige Benetzung der Oberfläche der Contenta mit dem (zugleich durch den Druck und das Darüberhinwegstreichen zum Austritt beförderten) Magendrüsensecret, sowie das Abreiben der bereits gelockerten und erweichten obersten Lagen der Speisen.

Magen-Peristaltik.

2. Die andere Art der Bewegung besteht in der in Perioden auftretenden Peristaltik, wodurch schubweise — zuerst nach einer Viertelstunde (Busch), zum letzten Mal bis gegen die 5. Stunde (Beaumont) — das zumeist gelöste Contentum in das Duodenum hinein befördert wird. Diese Peristaltik ist am ergiebigsten vom Antrum pylori aus gegen den Pförtner, dessen Muskel erschlafft und so den Uebertritt in den Zwölffingerdarm gestattet.

Die stark musculösen Magenwandungen vieler körnerfressenden Vögel wirken zur Zerreibung der Ingesta mit. Die Kraft der hierzu nöthigen Muskelaction ist viel von älteren Forschern erprobt, indem man fand, dass Glaskugeln in diesen Mägen zerbrochen und Blechröhren, (die erst 40 Kilo platt drücken konnten), im Magen des Puters comprimirt wurden. Auch der Kaumagen vieler Insecten ist zu ähnlicher Thätigkeit befähigt.

Nerveneinfluss auf die Magenbewegung.

Ein gangliöser Plexus, zwischen den Muskellagen der Muscularis gebettet, muss als eigentliches Bewegungscentrum des Magens aufgefasst werden. Auf dieses übertragen die Nn. vagi (mit eigenen Fasern) bewegungsanregende Impulse.

Ich pflege die Vaguswirkung so zu demonstriren, dass ich durch eine unter dem Schwertfortsatz angebrachte kleine penetrirende Magenwunde eine senkrechte Glasröhre in die Magenwand einbinde, hierauf Flüssigkeit (Milch) in den Magen bis zu einer gewissen Höhe im Rohre einlasse und nun das periphere Halsvagusende reize. Es erfolgt Ansteigen der Flüssigkeit in der Röhre nach einer längeren latenten Reizung; das Steigen hält noch etwas nach bereits entferntem Reize an. — Durchschneidung beider Vagi hebt zwar nicht die Magenbewegung auf, vermindert aber dieselbe. — Bei Wiederkäuern soll auch Reizung des Plexus coeliacus Magenbewegung bewirken, (Eckhard); (vielleicht indirect durch Wirkung auf die Magengefässe).

Locale elektrische Reizung der Magenoberfläche bewirkt ringartige Einschnürung des Magens, die nur allmälig wieder vergeht; mitunter setzt sich die Bewegung auf andere Magenbezirke fort. Erwärmung auf 25° C. bewirkt Bewegungen am ausgeschnittenen leeren Magen (Calliburces). — Verletzungen der Pedunculi cerebri, des Thalamus opticus, der Medulla oblongata und selbst des Halsmarkes bringen nach Schiff's Angaben Lähmungen der Gefässe gewisser Magenbezirke hervor mit nachfolgender Blutstauung und sogar Verschwärung in der Schleimhaut.

Mechanismus des Erbrechens.

Das Erbrechen (Vomitus) erfolgt durch Zusammenziehung der Magenwände, wobei der Pylorussphincter geschlossen ist. Am leichtesten tritt es ein, bei ausgedehntem Magen (Hunde pflegen vor dem Brechact durch Verschlucken von Luft den Magen sehr stark auszudehnen); desgleichen bei Säuglingen, bei denen der Fundusblindsack noch nicht entwickelt ist. Es ist wohl zweifellos, dass bei Säuglingen dieses „Speien" ganz vorwiegend durch Contractionen der Magenwände, jedenfalls ohne jede krampfhafte Mitwirkung der Bauchpresse vor sich geht. Bei angestrengtem Brechacte wirkt jedoch energisch die Bauchpresse mit.

Die Contractionen der Magenwände, die nur eine allgemeine Verkleinerung des Magenraumes, keine eigentliche Antiperistaltik sind, erkennt man auch an dem blossgelegten Magen (Galenus). Die Cardia eröffnet sich (Schiff) durch Zug der longitudinalen Magenfasern, welche gegen die Einmündungsstelle der Speiseröhre hinziehen, also bei gefülltem Magen dilatatorisch wirken müssen. Dem Brechacte selbst geht eine den intrathorakalen Theil der Speiseröhre erweiternde Ructus-artige Bewegung unmittelbar vorauf. Diese erfolgt so, dass bei geschlossener Stimmritze plötzlich heftig stossweise inspirirt wird, wodurch der Oesophagus durch Gasaufsteigen vom Magen sich dehnt (Lüttich). Dabei wird der Kehlkopf und das Zungenbein durch vereinigte Wirkung der Mm. geniohyoidei, sternohyoidei nebst sternothyreoidei und thyreohyoidei stark nach vorn gezogen (durch Ausgleichung des Kehlwinkels); hierdurch tritt Luft vom Schlunde abwärts bis zum oberen Oesophagusabschnitte (Landois). Erfolgt hierauf plötzlicher Stoss der Bauchpresse unterstützt von

der Eigenbewegung des Magens, so ergiesst sich der Mageninhalt nach oben. — Bei anhaltendem Erbrechen kommt es sogar zu einer Antiperistaltik des Duodenums, durch welche Galle in den Magen eintritt, die sich den erbrochenen Massen beimischt.

Kinder, denen noch der ausgesackte Fundus des Magens fehlt, erbrechen leichter, als Erwachsene, bei denen sich dieser stark contrahiren muss.

Magendie wollte allein der Bauchpresse die Wirkung beim Brechen zusprechen, da er dasselbe noch eintreten sah, nachdem er — (ein doch gar zu roher Versuch) — den Magen durch eine Blase ersetzt hatte. Doch gelingt auch dieses selbst dann nur, wenn auch das unterste Ende der Speiseröhre mit weggenommen ist (Fantini, Schiff). Ich habe bei einem Manne, der an periodischen heftigen Krämpfen der Bauchpresse litt, nie Erbrechen eintreten sehen, obwohl bei tiefstem Zwerchfellstande die Bauchmuskeln hart wie ein Brett wurden. — Die Annahme von Gianuzzi, die Bauchpresse sei auch deshalb der Hauptfactor beim Erbrechen, weil mit Curare vergiftete Thiere, bei denen die Bauchpresse gelähmt, die Magenwände aber nicht gelähmt seien, nicht erbrechen können, ist wohl zu weit gegriffen.

Nerveneinfluss auf das Erbrechen.

Das Centrum für die Brechbewegungen liegt in der Medulla oblongata; es hat Beziehungen zum Athmungscentrum, was schon die Erfahrung zeigt, dass Uebelkeitsanwandlungen durch schnelle und tiefe Athemzüge überwunden werden können. Ebenso kann man durch ausgiebige künstliche Athmung bei Thieren die Brechbewegung inhibiren. Andererseits lassen eingegebene Brechmittel das Eintreten der Apnö nicht zu.

Der Brechact kann am leichtesten angeregt werden durch (chemische oder mechanische) Reizung der centripetal leitenden Schleimhautnerven des Gaumens, Rachens, der Zungenwurzel und des Magens, weiterhin unter Umständen (Schwangerschaft) durch Reizung des Uterus, der Därme (Unterleibsentzündung), auch des Harnapparates, ferner durch directe Reizung des Vomir-Centrums.

Auch Brechbewegungen, durch widrige Vorstellungen erweckt, scheinen durch Reizübertragung vom Grosshirn durch Verbindungsfasern auf das Vomir-Centrum aus eingeleitet zu werden. Auch bei Erkrankungen des Gehirns sind Brechbewegungen sehr häufig. — Doppelseitige Vagusdurchschneidung hebt die Brechbewegungen auf.

Wirkung der Brechmittel.

Die Brechmittel wirken 1. zum Theil in der Art, dass sie mechanisch oder chemisch die in den Schleimhäuten liegenden Endigungen der centripetalleitenden Nerven reizen. Hierher gehört z. B. Kitzeln des Schlundes, Berührung der Oberfläche des blossgelegten Magens (beim Hunde); aber auch viele Arzneikörper, wie Kupfersulphat und andere Metallsalze wirken so. — 2. Andere Substanzen wirken in das Blut gespritzt (ohne vom Magen aus aufgenommen zu sein) direct reizend auf das Vomir-Centrum: hierher scheint das Apomorphin zu gehören. — 3. Endlich gibt es Mittel, welche nach den beiden bezeichneten Richtungen ihre Wirkung entfalten, wie der Brechweinstein (Antimon-Kaliumtartarat). — Brechmittel können auch Schleim aus den Lungen entfernen. Es will mir scheinen, dass auch durch eine Erregung des Respirationscentrums die Brechmittel günstig auf die Athemthätigkeit einwirken.

163. Darmbewegungen.

Peristaltik der Gedärme.

Das dünne Gedärm zeigt die peristaltischen Bewegungen in classischer Weise: die sich am Rohre entlang bewegende Verengerung, welche den Inhalt vor sich her schiebt, verläuft stets von oben nach unten. Vielfältig sieht man sie an mehreren Stellen des Darmes gleichzeitig sich entwickeln, wodurch die Darmschlingen das Aussehen eines Haufens durch einander kriechender Würmer gewinnen. Das Vorrücken neuen Darminhaltes vermehrt aufs neue die Bewegung. — Der Dickdarm

hat trägere und weniger ausgiebige Bewegungen. Bei dünnen Bauchdecken und in Bruchsäcken kann man die Peristaltik durchfühlen und selbst sehen. — Pflanzenfresser zeigen eine regere Bewegung als Fleischfresser.

Die Bauhin'sche (1579) Klappe (schon Rondelet 1554 bekannt) lässt in der Regel den Dickdarminhalt nicht in den Dünndarm zurücktreten. — Während der Nachtruhe hört die Bewegung des Magens und der Gedärme auf (Busch).

Antiperistaltische Bewegungen. Das Vorkommen antiperistaltischer Bewegungen, wodurch der Darminhalt gegen den Magen zurückbefördert wird, findet statt bei Unwegsamkeit des Darmes, wie das Kotherbrechen beim Menschen mit Darmverschluss unzweifelhaft bezeugt. — Bei ganz allmäligem Eingiessen flüssiger Massen in den After durch ein Darmrohr können dieselben über die Klappe hinauf aufwärts in den Dünndarm gelangen, — Muscarin erzeugt sehr lebhafte Peristaltik der Gedärme, die durch Atropin wieder beruhigt werden können (Schmiedeberg und Koppe).

164. Ausstossung der Excremente (Excretio faecum).

Vorrücken des Darminhaltes. Die Inhaltsmassen des dünnen Gedärmes verweilen gegen 3 Stunden innerhalb desselben, sodann weitere 12 Stunden im Dickdarme, in welchem sie eingedickt und in dessen unterem Bezirke sie geformt werden. Lediglich durch die peristaltische Bewegung werden die Faeces, wie es scheint, allmählich fortschreitend bis etwas oberhalb jener Stelle des Rectums hin bewegt, welche von den beiden Schliessmuskeln umgeben ist, von denen der höher belegene Sphincter ani internus aus glatten, der äussere, externus, aus quergestreiften Muskelfasern zusammengesetzt ist.

Mechanismus des Afterverschlusses. Unmittelbar nach einer stattgehabten Kothentleerung pflegt man den Sphincter externus stark zu contrahiren und eine Weile in Contraction zu erhalten. Wenn hierauf schon nach kurzer Frist der Muskel erschlafft, so genügt vollkommen die Elasticität der die Afteröffnung umgebenden Theile, namentlich auch der beiden Muskeln, den Schluss des Afters zu sichern. In der ruhigen Zwischenzeit bis zum Andrange der Kothmassen ist daher von einer dauernden Zusammenziehung, einer tonischen Innervation, der Afterschliessmuskeln nicht die Rede. Solange die Kothmassen oberhalb des Mastdarmes liegen, bringen sie keine bewusste Gefühlserregung zu Stande, erst ihr Niedergehen in den Mastdarm erzeugt die Sensation des Stuhldranges. *Gefühl des Stuhldranges.* Zugleich bewirkt aber auch die Erregung der sensiblen Mastdarmnerven eine reflectorische Erregung der Sphincteren. Das Centrum für diesen Reflex liegt im Lendenmarke, beim Kaninchen zwischen dem 6. und 7., beim Hunde am 5. Lumbarwirbel (Masius).

Verhalten der Afteröffnung nach Nervendurchschneidung. Bei Thieren, denen oberhalb des Centrums das Rückenmark durchschnitten ist, zieht sich auf Berührung des Afters sehr lebhaft die Anusöffnung zusammen; allein meist kurz nach dieser lebhaften reflectorischen Contraction erschlaffen hier die Sphincteren wieder, und der After kann so zeitweise weit offen stehen.

Dieses rührt daher, weil die vom Willen (Grosshirn) ausgehende zeitweilige willkürliche vorher erwähnte Contraction des Sphincter externus fehlt, die nach jeder Kothentleerung eine Zeit lang den After geschlossen hält. Bei Hunden, denen ich die hinteren Wurzeln der unteren Lumbal- und der Sacralnerven sämmtlich durchschnitt, sah ich, als sie sonst wieder hergestellt, den After offen stehen; nicht selten ragte längere Zeit eine Kothmasse zur Hälfte hervor. Da diesen Thieren die Sensibilität im Rectum und After fehlte, so konnten sich weder reflectorisch die Sphincteren zusammenziehen, noch auch erfolgte, durch das Gefühl veranlasst, eine willkürliche Afterschliessung, die doch sonst völlig möglich gewesen wäre.

Willkürlicher Afterverschluss.

Vom Grosshirn kann auf den äusseren Afterschliesser als auf einen willkürlichen Muskel direct gewirkt werden. Doch vermag der Schluss bei stärkerem Andrange nur bis zu einem bestimmten Grade anzuhalten; endlich überwiegt auch dem stärksten Willensimpulse gegenüber die energische Peristaltik. Reizung des Pedunculus cerebri (Fuss) und abwärts des Rückenmarkes bewirkt Contraction des Sphincter ani externus.

Mechanismus der Kothentleerung.

Die Entleerung der Excremente, welche beim Menschen gewohnheitsgemäss zu bestimmter Tagesfrist zu erfolgen pflegt, beginnt mit einer lebhafteren Peristaltik im dicken Gedärme abwärts bis zum Rectum. Damit nun nicht durch die anrückende Kothsäule reflectorisch die Schliessmuskeln erregt werden, in Folge mechanischer Erregung der sensiblen Mastdarmnerven, scheint ein Hemmungscentrum für den Schliessmuskelreflex in Thätigkeit zu treten, wie es scheint, durch willkürliche Innervation. Dieses hat im Gehirne seinen Sitz (Masius vermuthet es in den Sehhügeln), von wo aus seine Fasern durch die Pedunculi cerebri zum Lumbalmarke verlaufen. Während der Innervation dieses Hemmungsapparates verläuft die Kothsäule durch den After ohne reflectorisch den Schluss desselben zu erzeugen.

Hemmung des Sphincterenreflexes.

Anregung der Peristaltik.

Die die Defäcation einleitende stärkere Peristaltik kann befördert und in gewissem Grade erregt werden durch willkürliche kurze Bewegungen des Sphincter externus und des Levator ani, wodurch eine mechanische Erregung des plexus myentericus des unteren Dickdarmes bewirkt werden kann, die nun alsbald das dicke Gedärm zu peristaltischer lebhafterer Bewegung anregt. Die Ausstossung der Kothmassen wird befördert durch die willkürlich thätige „Bauchpresse" zumal bei inspiratorischem Zwerchfellstand, der die grösste Bauchraum-Verkleinerung ermöglicht. Die Weichtheile des Beckengrundes werden bei starkem Stuhldrange conisch abwärts gedrängt, wobei sich mitunter die zugleich sehr venös-blutreich werdende Afterschleimhaut hervorfaltet. Es ist die Aufgabe des Levator ani willkürlich nunmehr den Boden der Weichtheile der Beckenhöhle zu heben und so den After im Emporziehen gewissermassen über die niedergehende Kothsäule empor zu streifen. Zudem verhütet er eine ausweitende Erschlaffung der Weichtheile am Beckengrunde, namentlich der Fascia pelvis. Da die

Unterstützende Wirkung der Bauchpresse.

Wirkung des Levator ani.

Fasern beider Levatores nach unten convergiren und sich mit den Fasern des Sphincter externus vermengen, so helfen sie zugleich bei energischer Zusammenziehung dem Sphincter, indem sich beide Levatores beiläufig zur Afteröffnung verhalten, wie die doppelte Zugschnur eines Tabaksbeutels (Hyrtl).

Ruhezustand des Mastdarms.

Während der normalen Zwischenpause der Kothentleerungen scheinen die Faeces nur bis zum unteren Ende des S romanum abwärts zu rücken. Der Mastdarm von hier bis zum After pflegt normalmässig in der Ruhe kothleer zu sein. Es scheinen die stärkeren circulären Fasern der Muscularis (denen Nélaton den Namen eines Sphincter ani tertius gegeben hat, wenn sie mit grösserer Selbstständigkeit hervortreten), durch ihre Zusammenziehung den Eintritt der Kothmassen zu hindern. — Bei starkem Andrange kann durch energische Rollung der Schenkel nach aussen und die Wirkung der Gesässmuskeln der After durch Druck von aussen schlussfester gemacht werden.

Beim Menschen erfolgt die Stuhlentleerung gewohnheitsgemäss zu bestimmter Zeit, zumeist in 24 Stunden einmal, bei vielen auch zweimal, selten im normalen Bereiche noch häufiger.

165. Nerveneinfluss auf die Darmbewegungen.

Der Pl. myentericus als Bewegungs-Centrum.

Der Darmcanal enthält als automatisches Bewegungscentrum den mächtig entwickelten, zwischen longitudinaler und circulärer Muskelschicht eingebetteten Plexus myentericus (Auerbach). Dieser bedingt es, dass ausgeschnittene Darmstücke noch eine zeitlang ausserhalb des Körpers ihre Bewegungen fortsetzen.

Darmruhe.

1. Befindet sich dieses Centrum frei von jedem Erregungsreize, so steht der Darm in seiner Bewegung still (ähnlich der Apnoe bei Reizlosigkeit der Medulla oblongata, Sigm. Mayer und v. Basch). Dieses findet (ebenso wie für die Athmung) statt während des intrauterinen Lebens in Folge des sehr grossen Reichthumes des Fötalblutes an O. Man kann diesen Zustand als „Darmruhe" (Aperistaltik) bezeichnen. Dieselbe findet auch während des Schlafes statt, vielleicht wegen der in demselben statthabenden stärkeren Aufnahme von O in das Blut.

Gewöhnliche Peristaltik.

2. Das Durchströmen der Darmgefässe mit Blut gewöhnlichen Gasgehaltes hat die ruhige peristaltische Bewegung des Gesunden zur Folge, vorausgesetzt, dass nicht auch etwa andere Reize den Darm treffen.

Vermehrte Peristaltik.

3. Alle Reize, welche dem Plexus myentericus zugeführt werden, erhöhen die Peristaltik, die sich schliesslich zu stürmischer Bewegung unter Kollern in den Gedärmen gestalten und sogar zu Kothabgang und einer krampfartigen Zusammenziehung der Darmmusculatur führen kann. Man kann diesen Zustand als Dysperistaltik bezeichnen (der Dyspnoe entsprechend). — Es kann dieser Zustand hervorgerufen werden: a) Durch Unterbrechung des Blutlaufes in den Därmen, gleichgiltig ob hierdurch Anämie (wie nach Compression der Aorta, Schiff) oder venöse Hyperämie gesetzt wird. Das reizende Agens ist hier der Mangel an O, resp. der Ueberschuss an CO_2. — Schon geringere Kreislaufsstörungen in den Darmgefässen, wie z. B. venöse Stauung bei reichlicher Transfusion in die Venen, wodurch vorübergehende Ueberfüllung des Venengebietes und daher Stauung in dem Pfortadergebiete statthat, haben vermehrte Peristaltik zur Folge. Dieselbe gestaltet sich zu lautem Poltern und Kollern in den Gedärmen, verbunden mit unwillkürlicher Kothentleerung, wenn durch

Transfusion mit Blut einer fremden Species die Stauungen durch Gefässverstopfungen (p. 201, Transfusion) in den Darmgefässen hochgradig werden (Landois). Auch die constante stärkere Peristaltik bei eintretendem Tode beruht zweifellos auf Kreislaufsstörungen und damit auf verändertem Gasgehalt des Blutes im Darme. Aehnlich ist es mit der verstärkten Darmbewegung bei gewissen psychischen Erregungen, z. B. Angst. Hier setzt sich die Erregung des Gehirnes durch die Medulla oblongata (Centrum der vasomotorischen Nerven) bis zu den Darmnerven fort und bewirkt Anämie des Darmes (analog dem gleichzeitigen Erblassen). Wiederherstellung der normalen Kreislaufsverhältnisse führt die Gedärme wieder zur ruhigen Peristaltik. — b) Directe Reizungen des Darmes, die sich auf den Plexus myentericus übertragen, bringen Dysperistaltik hervor: Freilegen der Därme an die Luft (noch stärker bei Zutritt von CO_2 und Cl), — Einbringung gewisser reizender Substanzen in den Darm — stärkere Füllung des Darmrohres zumal bei gleichzeitiger Erschwerung oder Behinderung der Entleerung (oft beim Menschen), — directe Reizungen verschiedener Art (auch Entzündungen), die entweder von innen oder von aussen auf den Darm wirken. In dieser Beziehung ist die Beobachtung von Interesse, dass Inductionsströme, auf einen darmhaltigen Bruchsack applicirt, lebhafte Peristaltik in der Hernie hervorrufen.

Parese des Darmes.

4. Alle anhaltenden stärkeren Reize bringen den dysperistaltisch bewegten Darm endlich wieder zur Ruhe durch Ueberreizung: diesen Zustand kann man füglich als „Darmerschöpfung", „Darmparese" bezeichnen. Die Ruhe des Darmes in diesem Zustande ist also ungemein verschieden von der Darmruhe im Zustande der Aperistaltik. Anhaltende Blutstauung in den Darmgefässen führt schliesslich Darmerschöpfung herbei, z. B. wenn nach Transfusion fremdartigen Blutes in den Darmgefässen Gerinnung eingetreten ist (Landois). — Füllung der Gefässe mit indifferenten Flüssigkeiten, nachdem vorher Compression der Aorta die Peristaltik stark erregt hatte, bringt ebenso Aufhören der Peristaltik hervor (O. Nasse). — Hierher gehört auch die Ruhe nach Abkühlung der Därme auf 19° C. (Horwath). Auch stärkere Darmentzündungen wirken ähnlich. — Aus diesem Stadium der Erschöpfung kann sich der Darm unter günstigen Verhältnissen nach Aufhören der Reize wieder erholen. Dieses findet in der Regel durch ein Uebergangsstadium mit lebhafterer Peristaltik statt. So bewirkt Einlassen arteriellen Blutes in die Gefässe des erschöpften Darmes starke Peristaltik, dann normales Verhalten.

Darmlähmung.

5. Ununterbrochene stärkere Reize bewirken endlich völlige Lähmung des Darmes (beim Menschen nach heftigen Entzündungen des Bauchfellüberzuges, der Schleimhaut, oder der Muscularis). In diesem Zustande ist das Gedärm stark aufgetrieben, da die gelähmte Muscularis den durch die Wärme ausgedehnten Gasen keinen Widerstand mehr leisten kann (Meteorismus).

Einfluss der äusseren Darm-Nerven. Wirkung des N. splanchnicus als Hemmungsnerv,

Unter den zum Darm hintretenden Nerven vermehrt der Vagus die Bewegungen (des Dünndarmes), indem er die auf ihn angewandten Reize bis zum Plexus myentericus hinleitet. — Der N. splanchnicus (dem Brusttheil des Rückenmarks entstammend) ist Hemmungsnerv der Darmbewegungen (Pflüger) jedoch nur so lange, als bei ungestörtem Kreislaufe in den Gefässen des Darmes das Blut desselben in den Capillaren nicht venös geworden ist (Sigm. Mayer und von Basch); ist letzterer Zustand eingetreten, so bewirkt Splanchnicusreizung Vermehrung der Peristaltik. Wird arterielles Blut eingelassen, so erhält sich länger die hemmende Wirkung (O. Nasse). Auch Reizung des Ursprunges des Splanchnicus, des Dorsalmarkes, zeigt (unter analogen Bedingungen) den Hemmungseffect, auch dann wenn die Reizung des Rückenmarkes durch Strychninvergiftung unter Ausbruch allgemeiner tetanischer Krämpfe statthat. O. Nasse glaubt aus den Versuchen schliessen zu dürfen, dass im Splanchnicus leicht erschöpfbare, durch Venosität des Blutes erlahmende Hemmungsfasern und länger reizbare Bewegungsfasern enthalten sind, weil nach dem Tode Reizung des Splanchnicus stets die Peristaltik anregt, wie die Vagusreizung. — Der N. splanchnicus ist weiterhin der vasomotorische Nerv aller Darmgefässe, somit das grösste Gefässgebiet des ganzen Körpers beherrschend. Seine Reizung verengt, seine Durchschneidung erweitert alle muskelhaltigen Gefässe des Darmes. Im letzteren Falle findet eine enorme Blut-

als Bewegungsnerv, als Vasomotor,

ansammlung in denselben statt, so dass sogar Anämie der übrigen Körpertheile eintritt, wodurch selbst der Tod durch Blutleere der Medulla oblongata bewirkt wird. — Da Reizung des Splanchnicus die Gefässe contrahirt, so hat von Basch die Frage aufgeworfen, ob nicht so durch Abhaltung des als Reiz wirkenden Blutes der Darm zur Ruhe käme. Da jedoch bei schwachen Reizen bereits der Darm stillsteht, bevor seine Gefässe sich contrahiren (van Braam-Houckgeest), so scheint die Anschauung gerechtfertigt, dass die Reizung die Erregbarkeit des Plexus myentericus vermindert. — Der N. splanchnicus ist endlich Gefühlsnerv des Darmes und als solcher äusserst empfindlich.

als Gefühlsnerv.

Der N. Splanchnicus enthält somit hemmende, bewegende, vasomotorische und sensible Fasern in demselben Stamme vereinigt.

Nach Engelmann und van Brakel soll die peristaltische Bewegung im Darme sich lediglich durch directe Muskelleitung fortsetzen (wie im Herzen und im Harnleiter), also ohne Vermittelung von verbindenden Nervenfasern.

Einfluss der auf die Darmbewegung wirkenden Mittel.

Unter den auf die Darmbewegungen wirkenden Mitteln gibt es 1. solche, welche die Erregbarkeit des Plexus myentericus herabsetzen, also die Peristaltik vermindern selbst bis zum Darmstillstand: Opium, Morphium, Belladonna. — 2. Andere Mittel reizen den Bewegungsapparat: Nicotin (bis zum Darmkrampfe), Muscarin, Coffein und manche Laxantien. Erstere Mittel werden als behindernd für die Darmentleerung, also verstopfend wirken müssen, letztere vermehren die Peristaltik und beschleunigen so die Darmentleerungen. Da bei der schleunigen Bewegung der Darmcontenta die Flüssigkeit aus denselben nur wenig resorbirt werden kann, so sind die häufig erfolgenden Entleerungen zugleich dünn. Unter den abführenden Mitteln müssen ferner noch namhaft gemacht werden die den Darm direct reizenden scharfen Mittel, wie Coloquinthen und Crotonöl. Von Agentien dieser Art ist anzunehmen, dass sie von Seiten der Gefässe eine wässerige Transsudation in den Darm bewirken (C. Schmidt, Moreau), (wie auch auf der äusseren Haut Crotonöl Blasen zieht). Eine ähnliche Ansicht von der Wirkung der Abführmittel theilt schon Bacon (1638) mit. — Gewisse abführende Salze: Natriumsulphat, Magnesiumsulphat u. A. wirken dadurch verflüssigend auf den Darminhalt, dass sie das Wasser des Darminhaltes zu ihrer Lösung im Darme bei sich behalten (Buchheim); werden diese daher einem Thiere in die Gefässe injicirt, so entsteht sogar Verstopfung (Aubert). — Das Calomel (Quecksilberchlorür) beschränkt die Resorptionsthätigkeit der Darmwandungen und ebenso die Fäulnisszersetzungen im Darme. Daher sind die Stuhlentleerungen dünn, wenig riechend und wegen Beimengung von unzersetztem Biliverdin grünlich gefärbt.

166. Bau der Magenschleimhaut.

Magengrübchen und Epithel.

Die ziemlich dicke Magenschleimhaut bildet auf der freien Fläche eine sehr grosse Anzahl kleiner Vertiefungen, die „Magengrübchen“ (Vidius 1567) (Figur 63), und ist in ihrer ganzen Ausdehnung mit einem einschichtigen Cylinderepithel ausgekleidet, welches durchgehends als aus Schleimbechern (Figur 65 d) bestehend bezeichnet werden muss (Fr. E. Schultze). Dasselbe grenzt an der Cardia mit scharfer Grenze gegen das geschichtete Platten-

epithel des Oesophagus ab, am Pylorusende gegen das echte Cylinderepithel des Duodenums. Die Epithelzellen sind mit elliptischen kernkörperchenhaltigen Nucleis ausgerüstet. Zwischen den verjüngten unteren Enden liegen zerstreut oblonge oder spindelförmige, hüllenlose, kernhaltige Elemente eingeschoben, die als nachwachsender Ersatz für abgestossene Epithelien einzurücken bestimmt zu sein scheinen (E b s t e i n). Alle Epithelien sind an der freien Fläche völlig offen, ohne Membranverschluss, so dass das schleimreiche Protoplasma frei zu Tage tritt (Fr. E. S c h u l t z e). Im Grunde der Magengrübchen münden meist in der Mehrzahl die e i n f a c h s c h l a u c h f ö r m i g e n M a g e n d r ü s e n. Diese treten in zwei verschiedenen Formen (W a s m a n n) auf:

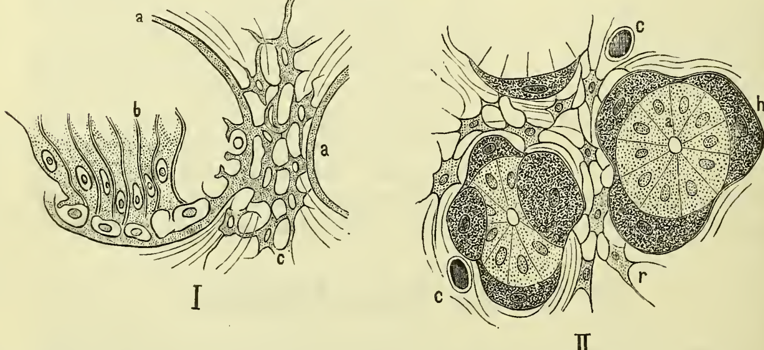
Fig. 63.

Flächenansicht der Magenschleimhaut: man sieht die kraterförmigen Vertiefungen der Magengrübchen *i i*; — bei *a a* die am meisten hervortretenden Erhebungen der Schleimhaut; (vom Hunde).

Labdrüsen.

1. Als L a b d r ü s e n (Figur 66) (Pepsinschläuche). Die einfach schlauchförmig gestaltete structurlose Membrana propria trägt auf ihrer Innenfläche zwei verschiedene Arten von Zellen: a) Die

Fig. 64.

I Querschnitt durch das Eingangsstück der Labdrüsen: *a* Die Membrana propria, — *b* Becherzellen, — *c* reticuläres Gewebe der Zwischensubstanz. — *II* Durchschnitt durch die Labdrüsen: *a* die Hauptzellen, — *h* die Belegzellen, — *r* das reticuläre Gewebe der Schleimhaut zwischen den Drüsenschläuchen, — *c* durchschnittene Capillaren.

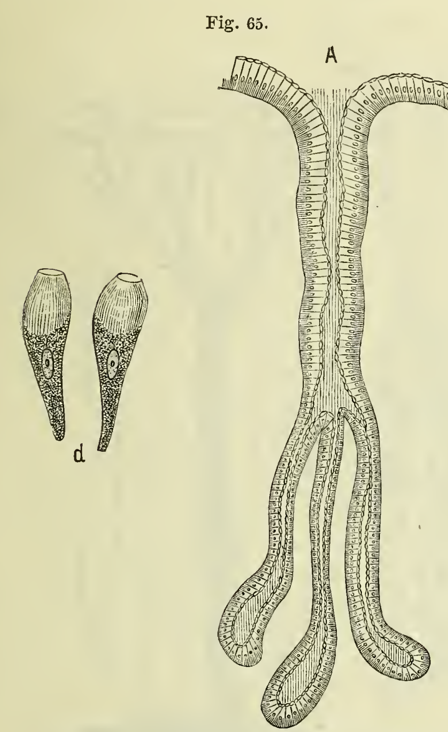
Hauptzellen.

„H a u p t z e l l e n" (H e i d e n h a i n [Figur 64 II a]; adelomorphe Zellen, R o l l e t): kleine, überall das innere Drüsenlumen begrenzende, hüllenlose,

kernhaltige, blasse, dicht an einander gelagerte und daher in ihrer Einzelgestalt undeutlich ausgeprägte Zellen (daher der Name: ἀ δῆλος undeutlich). — b) Bedeutend grössere, meist zerstreut liegende „Belegzellen" (Heidenhain [Figur 64 II h]; delomorphe Zellen, Rollet): stets der Drüsenmembran unmittelbar anliegend, kernhaltige, hüllenlose, dunkelkörnige, leicht färbbare, wegen ihrer mehr isolirten Lage in ihrer ovoiden oder halbmondförmigen Einzelgestalt deutlich hervortretend. Dort, wo sie liegen, buchten sie die Membrana propria buckelartig hervor. (Diese Zellen nannten die älteren Histologen schlechtweg „Labzellen", die zahlreichen, dunklen Körnchen des Inhaltes „Pepsinkörnchen".) Die Labdrüsen finden sich in grösster Verbreitung in dem Magen (gegen 5 Millionen, Sappey) vor, senkrecht dicht neben einander in die Schleimhaut eingesenkt, von bedeutendster Grösse im Fundus.

Belegzellen

Fig. 65.



A Isolirte „Schleimdrüse" aus der Pylorusgegend des Magens, — *d* isolirte Becherzellen.

2. Einzig und allein in der Umgebung des Pylorus finden sich die sogenannten „Schleimdrüsen" (Figur 65 A). An ihrem unteren Ende sind diese Schläuche nicht selten in zwei oder mehrere Blindsäcke getheilt. Ihr zelliger Inhalt besteht nur aus einer Art von Secretionszellen, die den Hauptzellen der Labdrüsen am nächsten stehen.

Schleimdrüsen.

Die zwischen den Drüsen der Magenschleimhaut liegende spärliche Stützsubstanz hat den Charakter des reticulären Bindegewebes, von dem einzelne sternförmige Zellen nicht selten dicht der Membrana propria der Drüsenschläuche anliegen. — Eine besondere Muskelschicht ist der Schleimhaut eigen, die Muscularis mucosae (Middeldorpf). Dieselbe zieht als ziemlich dickes Stratum unter dem Grunde der Drüsenlage einher, oft eine innere circuläre und eine äussere longitudinale Schicht aufweisend. Von diesem Stratum ziehen aufwärts zwischen die Drüsen und diese umspinnend einzelne Faserzüge. Sie scheinen für eine active Entleerung der Drüsenschläuche bestimmt zu sein.

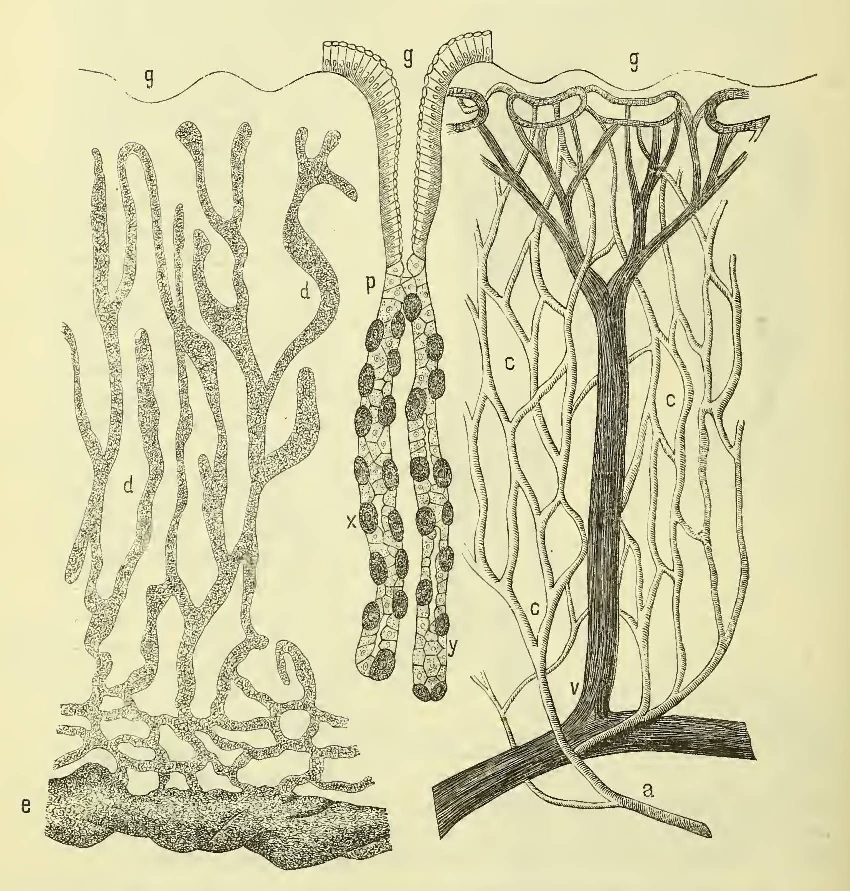
Bindegewebe der Schleimhaut.

Muscularis mucosae.

Reich an Blutgefässen (Figur 66) ist die Schleimhaut: dieselben treten von der fibrillär-bindegewebigen Submucosa ein (a),

verbreiten sich dann mit länglich genetzten Capillarschlingen (c c) zwischen den Drüsen und treten bis zur freien Fläche, woselbst sie dicht unter dem Epithelium noch ein enges Maschenwerk bilden, zwischen

Fig. 66.



Dickendurchschnitt durch die Magenschleimhaut: *g g* die Grübchen der Oberfläche; — *p* die einmündenden Pepsinschläuche (Labdrüsen) mit Beleg- (*x*) und Hauptzellen (*y*). — *a v c* Arterie, Vene und Capillaren der Schleimhaut. — *d d* die Lymphgefässe derselben, bei *e* in einen gröberen Stamm übertretend. (Halbschematische Zusammenstellung.)

welchem die Drüsenmündungen (g) zu Tage treten (Brücke). Von hier aus zu Venen sich allmälig sammelnd, treten die Gefässe wieder zur Submucosa zu grösseren Venenstämmchen (v) zusammen.

Die Lymphgefässe der Magenschleimhaut beginnen ziemlich dicht unter dem Epithel mit kolbigen oder schlingenartigen Anfängen

(d d), treten dann senkrecht zur Submucosa, wo sie durch Vereinigung benachbarter Stämme ein bedeutendes Volumen (e) annehmen (Lovén).

Die Nerven gleichen denen des Darmes und sind bei der Beschreibung an jener Stelle nachzusehen.

167. Der Magensaft.

Eigenschaften.

Der Magensaft ist eine ziemlich klare, farblose Flüssigkeit von stark saurer Reaction, saurem Geschmacke und eigenthümlich charakteristischem Geruche; er dreht die Ebene des polarisirten Lichtes nach links (Hoppe-Seyler). Kochen trübt ihn nicht; der Fäulniss vermag er lange zu widerstehen. Sein specifisches Gewicht ist 1002,5 (Hund 1005), er erhält nur $^1/_2$% feste Bestandtheile, seine Menge wird von Beaumont (1834) nach einer Beobachtung an einem Menschen mit Magenfistel nur (!) auf 180 Gr. täglich angegeben, von Grünewald (1853) in einem ähnlichen Falle auf 26,4% seines Körpergewichtes in 24 Stunden (!) veranschlagt, endlich von Bidder und Carl Schmidt (nach vergleichenden Versuchen an Hunden) auf $6^1/_2$ Kilo pro Tag, entsprechend $^1/_{10}$ des Körpergewichtes, gerechnet. Unter den Bestandtheilen befinden sich:

Pepsin.

1. Das Pepsin (Th. Schwann 1836), das charakteristische N-haltige hydrolytische Ferment, welches die Eiweisskörper löst: 3 pro mille.

Salzsäure.

2. Die Chlorwasserstoffsäure (Prout 1824) 0,2 pro mille (Hund 15mal mehr). Sie kommt frei im Magensafte vor, denn letzterer enthält stets mehr freies Chlor, als Basen, die es zu binden vermöchten (Carl Schmidt). (Nach Richet soll sie an Amidosäuren [Leucin und Tyrosin] gebunden sein.) Milchsäure, die sich oft im menschlichen Magensafte findet (Lehmann), stammt nur aus Zersetzung gewisser Nahrungsmittel, wie auch die seltenere Butter- und Essigsäure (sie fehlt im reinen Magensafte des Hundes).

Magenschleim.

3. Der im Magen an der Oberfläche der Schleimhaut haftende reichliche Schleim ist wohl als eine Absonderung der Schleimbecher der Magenschleimhaut anzusehen.

Anorganische Bestandtheile.

4. Mineralstoffe (2 pro mille) sind vorzugsweise Chlornatrium und Chlorkalium, weniger Chlorcalcium (bei Thieren auch Chlorammonium), ferner die Verbindungen der Phosphorsäure mit Calcium, Magnesium und Eisen. — Wahrscheinlich wird bei der Verdauung aus den Chlorverbindungen die Salzsäure abgespalten; dies scheint der Umstand zu bestätigen, dass der Harn während der Verdauung durch reichlichere Ausscheidung von Basen weniger sauer reagirt (Jones, Maly).

Von fremden Substanzen erscheint nach Einführung von Jodkalium in den Körper HJ im Magensaft, ebenso Rhodankalium, milchsaures Eisen, Kaliumeisencyanür, Zucker u. A. — Ammoniumcarbonat findet sich bei Uraemie.

168. Secretion des Magensaftes.

Nachdem die zwei verschiedenen Arten der Magendrüsen, und in den Labdrüsen wiederum zwei differente Formen von Zellen bekannt geworden, lag es nahe zu untersuchen, ob nicht die verschiedenen Bestandtheile des Magensaftes von den verschiedenen Gebilden geliefert würden. Auf diese Fragestellung ist bis dahin nur in sehr unvollkommener Weise die Antwort erfolgt.

Beobachtungen an den Drüsenzellen.

Von den Hauptzellen der Labdrüsen ist ermittelt, dass sie während der Absonderung zuerst stark anschwellen, später jedoch wieder collabiren (Heidenhain, Ebstein). Ein Zerfall von Zellen findet bei der Secretion ebenso wenig statt, wie auch ein etwaiger Uebergang von Belegzellen zu Hauptzellen oder umgekehrt.

Die Hauptzellen bereiten Pepsin.

Das Pepsin soll in den Hauptzellen (Heidenhain) gebildet werden. Sind die Hauptzellen hell und gross, so sind sie reich an Pepsin, sind sie geschrumpft und getrübt, so enthalten sie wenig (Grützner). Die keine Belegzellen enthaltenden (Schleim-) Drüsen der Pylorusgegend sollen nach Einigen keine Pepsinwirkung zeigen (Friedinger, v. Wittich), doch wird ihnen wohl mit mehr Recht dennoch diese, wenn auch in geringerem Masse, zugesprochen (Ebstein, Grützner, Klemensiewicz). Es kann jedoch diese geringe Pepsinmenge von aussen durch Imbibition in dieselben eingedrungen sein.

Klemensiewicz schaltete bei lebenden Hunden den Pylorustheil durch zwei Schnitte aus, nähte Duodenum und Magen wieder zusammen, den mit Gefässen jedoch noch in Verbindung stehenden Pylorustheil heilte er nach Verschliessung des unteren Endes durch die Naht in die Bauchwunde ein. Die Thiere starben jedoch, spätestens nach 6 Tagen. Das Secret dieser Partie war zähflüssig, alkalisch mit 2% festen Bestandtheilen. — Beim Frosch enthalten die alkalisch reagirenden Drüsen des Oesophagus nur pepsinliefernde Hauptzellen, der Magen hat nur Säure absondernde, Belegzellen führende Drüsenschläuche (Partsch). Die karpfenartigen Fische besitzen gar keine Labdrüsen im Magen (Luchau).

Salzsäure findet sich auf der Magenoberfläche,

Die Salzsäure findet sich stets auf der freien Fläche der Magenschleimhaut, sowie an den Ausführungsgängen der Magendrüsen. In der Tiefe der Drüsenschläuche herrscht jedoch alkalische Reaction, wie die directe Prüfung verschieden tief eindringender Schichtenschnitte mit Reagenzpapier zeigt.

Diese örtliche Verschiedenheit zeigt auch der Versuch von Cl. Bernard. Dieser spritzte Hunden Kaliumeisencyanür und darauf milchsaures Eisen in die Venen. Bei eingetretenem Tode fand sich die Berlinerblaufärbung der Gewebe des Magens nur in der oberen salzsäurehaltigen Schleimhautfläche, nicht in der Tiefe.

doch wird sie bereitet in den Belegzellen.

Trotz dieses Befundes muss angenommen werden, dass die Salzsäure ihre Entstehung in der ganzen Tiefe der Drüsenschläuche (in den Belegzellen) hat, und dass sie nur sehr schnell mit dem Pepsin an die Oberfläche befördert wird. Denn als E. Brücke die Fläche der Magenschleimhaut mit Magnesia usta neutralisirte und nun die Schleimhaut zerkleinert mit Wasser sich selbst überliess, so reagirte nach einiger Zeit der Brei auf's Neue sauer.

Während der Verdauung ist die Säure reichlicher, als ausser derselben; Richet sah durch Alkoholgenuss die Säure vermehrt, durch Rohrzucker vermindert werden.

Anregung zur Absonderung.

Bei leerem Magen findet keine Absonderung des Magensaftes statt; diese erfolgt stets nur nach stattgehabten (mechanischen, thermischen oder chemischen) Reizen; im natürlichen Zustande also erst, sobald Nahrungsstoffe (aber auch unverdauliche Gegenstände, Steinchen etc.) eingeführt werden. Hierbei röthet sich die Schleimhaut unter regerer Circulation, so dass das Venenblut heller abfliesst. Die Erregung der Absonderung ist wahrscheinlich ein reflectorischer Vorgang, für welche das Centrum wohl in der Magenwandung selbst zu suchen sein wird. (Meissner'scher Schleimhaut-Plexus?) Es wird behauptet, dass Vorstellungen von Speisen, zumal im Hungerzustande, die Secretion veranlassen können. Von der Reizung oder Zerstörung anderer Nerven (Vagus, Sympathicus) hat man bis jetzt keinen Einfluss auf die Absonderung beobachtet.

Die Angabe von Schiff, dass der wirksame Magensaft erst dann abgesondert würde, nachdem sogenannte peptogene Substanzen (namentlich Dextrin) resorbirt seien, wird anderweitig bestritten.

Schicksal des Magensaftes.

Der Magensaft, welcher nach vollendeter Verdauung in das Duodenum übertritt, wird hier zunächt durch das Alkali der Darmschleimhaut und des pancreatischen Saftes neutralisirt. Das Pepsin wird als solches resorbirt und kann in geringer Menge im Harn und in dem Muskelsafte angetroffen werden (Brücke).

Entfernt man den Magensaft durch Magenfisteln völlig nach aussen, so erhält sich im Darme das Alkali so überreichlich, dass daraus alkalische Reaction des Urins erfolgt (Maly).

Magensaft des Neugeborenen.

Der saure Magensaft des Neugeborenen ist bereits ziemlich intensiv wirksam; am leichtesten werden von demselben Casein, hiernach Fibrin und die übrigen Albuminate verdaut (Zweifel).

Durch zu starken Säuregehalt des Magensaftes entstehen im Magen des Säuglings grossstückige schwer verdauliche Caseinklumpen, die namentlich nach Genuss von Kuhmilch besonders derb sind (Simon, Biedert). (Vgl. Milch.)

169. Gewinnung des Magensaftes,

Bereitung künstlicher Verdauungsflüssigkeiten, Darstellung des Pepsins.

Zur Gewinnung des Magensaftes behufs der Untersuchung und Beobachtung seiner verdauenden Kraft liess Spallanzani nüchterne Thiere Schwämmchen verschlucken, die in durchlöcherten Blechkapseln eingeschlossen waren, und zog dieselben heraus, nachdem sie sich mit Saft vollgesogen. Zur Fernhaltung der Mundsecrete bringt man die Schwämmchen am besten von einer Oeffnung des oben unterbundenen Oesophagus ein (Manasseïn). — Auch liess man hungrige Thiere Steinchen verschlucken und sammelte in ihrem Magen, nachdem sie alsbald getödtet waren, den Magensaft.

Beobachtungen an Magenfisteln.

Beim Menschen gelang es zuerst dem amerikanischen Arzte Beaumont (1825) bei einem kanadischen Jäger Martin, dem durch einen Schuss der Magen eröffnet war, aus der hieraus erwachsenen dauernden „Magenfistel" reinen Magensaft zu gewinnen. Es wurden desgleichen diesem Manne durch die Oeffnung verschiedene Substanzen direct in den Magen geschoben und von Zeit zu Zeit in Bezug auf ihre Auflösung untersucht. Hierdurch geleitet legten Bassow

(1842) Blondlot (1843) und Bardeleben (nach vollkommenerer Methode 1849) zuerst bei Hunden künstliche Magenfisteln an.

Operationsverfahren. Unterhalb des Processus xiphoideus wird die vordere Magenwand eröffnet, und die Ränder der Magenöffnung werden mit den Rändern der Wunde der Bauchdecken durch Nähte vereinigt. In die Fistel legt man eine starke Canüle: ein fingergliedlanges silbernes Rohr mit Endplatte wird so in den Magen geschoben, dass die Endplatte dem Schleimhautrande anliegt; das Rohr besitzt ein Schraubengewinde, auf welches ein ganz analoges Canülenstück so aufgeschraubt wird, dass dessen Endplatte aussen den Wundrändern der Bauchdecken aufliegt. Die Zusammensetzung beider gestaltet sich dann wie ein ⊥. Für gewöhnlich wird die Oeffnung der Canüle verkorkt. Unterbindet man noch dazu solchen Hunden die Ausführungsgänge der Speicheldrüsen, so gewinnt man ein reines Beobachtungsfeld.

Magenheber. Nach Leube kann man vom Menschen verdünnten Magensaft so gewinnen, dass man durch ein heberartig wirkendes Rohr erst Wasser in den leeren Magen einlässt und dasselbe nach kurzer Zeit wieder ablaufen lässt.

Künstlicher Magensaft. Ein wichtiger Schritt wurde von Eberle (1834) gethan, indem er „künstlichen Magensaft“ darstellen lehrte durch Ausziehen der Magenschleimhaut mit verdünnter Salzsäure. Ein ganz bestimmtes Concentrations-Verhältniss der letzteren ist hierbei zu beachten (Schwann). Zur Extraction der zerschnittenen Magenschleimhaut vom Schweine genügen gegen 4 Liter einer Wasser-Mischung von 0,8—1,0—1,7 pro mille (Brücke) reiner rauchender Salzsäure, die man in Mengen von $^1/_2$ Liter von 6 zu 6 Stunden stets auf's Neue infundirt. Die gesammelte Flüssigkeit wird endlich filtrirt (Hoppe-Seyler). In dieselbe legt man die zu verdauenden Substanzen bei anhaltender Körperwärme, doch ist es nöthig von Zeit zu Zeit wieder etwas Salzsäure zuzusetzen (Schwann). — Man kann auch die oberflächliche Lage der Schleimhaut abschaben und mit 1—2 pro mille Salzsäure einige Stunden ziehen lassen, hierauf filtriren. — Die verwendete Salzsäure kann bis zu einem gewissen Grade von der zehnfachen Menge (Meissner) Milchsäure ersetzt werden (Lehmann), ebenso von Salpetersäure, in viel unwirksamerer Weise endlich auch von Oxalsäure, Phosphorsäure, Essigsäure, Ameisen-, Wein- und Citronen-Säure.

v. Wittich's Glycerin-Auszug. v. Wittich zeigte, dass man auch mittelst Glycerin aus der Magenschleimhaut das Pepsin sehr rein extrahiren kann. Dieselbe wird mit Glassplittern völlig zu Brei verrieben und mit Glycerin vermengt 8 Tage stehen gelassen. Die durch ein Tuch ablaufende Flüssigkeit versetzt man mit Alkohol; das hierdurch niedergeschlagene Pepsin wird mit Alkohol gewaschen und sodann zur Bereitung der künstlichen Verdauungsflüssigkeit in verdünnter Salzsäure gelöst. Hier kann es zuvor im Graham'schen Dialysator gereinigt werden.

Darstellung des Pepsins nach Brücke. Die Darstellung des völlig gereinigten Pepsins hat E. Brücke so ausgeführt, dass er durch Erzeugung eines voluminösen Niederschlages dasselbe wiederdolt niederschlug und schliesslich isolirte. Zu diesem Zwecke wird die zu Brei verriebene Schleimhaut vom Schweine mit 5% Phosphorsäure zu einem dünnen Brei, angesetzt, bis (durch Selbstverdauung möglichst eine Lösung eingetreten ist. Nun wird Kalkwasser bis zur kaum merklich sauren Reaction zugemischt. Hierdurch entsteht ein voluminöser Niederschlag, — der das Pepsin mechanisch mit niederreisst. Man sammelt denselben auf einem Tuche, lässt mehrmals Wasser zur Spülung durchlaufen, und löst sodann die Masse in sehr verdünnter Salzsäure. In dieser wird abermals ein voluminöser Niederschlag erzeugt, durch allmäliges Einmischen einer Cholesterinlösung in vier Theilen Alkohol und einem Theil Aether, unter wiederholtem Schütteln. Der Cholesterinbrei wird auf dem Filtrum gesammelt, hier erst mit essigsäurehaltigem, dann reinem Wasser gewaschen. Der feuchte Cholesterinbrei wird nun in Aether zur Auflösung des Cholesterins eingetragen, der Aether oft erneuert und abgehoben. Der geringe wässerige Rückstand ist wasserklar und enthält das Pepsin in Lösung.

Eigenschaften des Pepsins. Das so bereitete Pepsin ist eine Colloidsubstanz; es reagirt nicht wie Eiweiss auf folgende Proben: es gibt keine Xantho-

proteïnprobe, wird nicht gefällt durch Essigsäure und Kaliumeisencyanür, nicht durch Gerbsäure, Quecksilberchlorid, Silbernitrat oder Jod. Im Uebrigen ist es den Albuminoid-Substanzen beizuzählen.

170. Vorgang der Magenverdauung
und die gebildeten Verdauungsproducte.

Die zerkleinerten, mit Magensaft zu einem Brei angemengten Nahrungsstoffe werden Chymus oder Speisebrei genannt. Auf diese übt der Magensaft seine Wirkung aus.

I. Einwirkung auf die Eiweisskörper.

Die Albuminate

Das Pepsin und die freie Salzsäure vermögen die Eiweisskörper bei Körpertemperatur in eine lösliche Veränderung überzuführen, die man „Peptone" (Lehmann 1850) genannt hat. Bei dieser Veränderung werden sie zuerst in Körper verwandelt, die den Charakter des Syntonins haben (Mulder) (in welchem Zustande die coagulirten Albuminate gequollen sind). Syntonin ist ein Säure-Albuminat, durch Kochen gerinnbar; durch Neutralisiren nach Zusatz von Alkali wird daraus Albuminat wieder niedergeschlagen. Bei weiterer Einwirkung des Magensaftes gehen diese Acidalbuminate in wirklich lösliche Peptone über. Die unveränderten Eiweisskörper verhalten sich den Peptonen gegenüber wie Anhydrite. Es erfolgt also die Peptonbildung und die Auflösung durch Wasseraufnahme, welche das hydrolytische Ferment, das Pepsin, veranlasst.

quellen als Syntonin

und werden dann als Peptone gelöst.

Verlauf der Auflösung.

Je reichlicher der Pepsingehalt, um so schneller erfolgt (bis zu einem gewissen Grade) die Auflösung. Das Pepsin erleidet als Ferment selbst fast keine Veränderung, und wenn für einen stets gleichbleibenden Salzsäuregehalt gesorgt wird, vermag es stets neue Mengen Eiweiss aufzulösen. Doch wird etwas Pepsin bei der Verdauung verbraucht (Grützner). — Die Eiweisskörper werden entweder in flüssiger oder in fester (coagulirter) Form in den Magen eingeführt. Von den flüssigen wird allein nur das Casein zuerst in fester Form niedergeschlagen, geronnen, und dann wieder aufgelöst. Die nicht geronnenen Eiweisskörper gehen wohl gleichzeitig in den Syntoninzustand über und werden unmittelbar peptonisirt, d. h. wirklich gelöst.

Wesen der Eiweissverdauung.

Man kann die geronnenen Eiweisskörper als die Anhydrite der flüssigen, und diese letzteren wiederum als die Anhydrite der Peptone bezeichnen. So stellen also die Peptone die höchstmöglichen Hydrationsstufen der Eiweisskörper dar; es können daher auch aus den Eiweisskörpern Peptone entstehen durch solche Mittel, welche gewöhnlich derartige Hydration bewirken, nämlich Behandlung mit starken Säuren

(aus Fibrin mit 0,2 Salzsäure, v. Wittich), Aetzalkalien, Fäulniss und verschiedene andere Fermente. In der That ist nach Hoppe-Seyler die Hauptwirkung des Pepsins bei der Magenverdauung keine andere, als die Uebertragung der (Salz-) Säure an das Eiweissmolekül. Ob hierbei Pepsin und Säure für sich getrennt einwirken, oder als zusammengesetzter Körper „Chlorpepsin - Wasserstoffsäure" (Carl Schmidt) bleibt vorläufig unerledigt.

Zwischen 35—50° C. verläuft die Peptonbildung am energischsten (gegen 90° C. erlischt die Wirkung des Pepsins).

Eigenschaften der Peptone.

Eigenschaften der Peptone: 1. Sie sind in Wasser völlig löslich. — 2. Sie diffundiren durch Membranen (Funke). — 3. Sie werden nicht gefä lt durch Kochen, Essigsäure und Kaliumeisencyanür, schwachen Alkohol, verdünnte Mineralsäuren. — 4. Gefällt werden sie aus neutraler oder schwach saurer Lösung durch Quecksilberchlorid, Quecksilbernitrat, Silbernitrat, basisch essigsaures Blei, Jodquecksilberjodkalium, Gerbsäure, Phosphorwolfram- und Phosphormolybdän-Säure (Brücke). — 5. Sie reagiren wie Eiweisskörper auf Millon's Reagenz mit rother, sowie auf Kali und Kupfersulphat mit violetter Farbe, und geben mit Salpetersäure Xanthoproteïnsäure-Reaction. — 6. Mit Aetznatron und etwas Kupfersulphat geben sie eine schöne purpurrothe Farbe. — Sie drehen die Ebene des polarisirten Lichtes nach links.

Verschiedene Pepton-Körper.

Schon Schwann zeigte, dass bei der Magenverdauung mehrere verschiedene Peptonkörper entstehen. Meissner suchte Reactionen für dieselben festzustellen und unterschied:

1. Parapepton oder a-Pepton wird durch concentrirte Salpetersäure oder Kaliumeisencyanür aus schwach saurer Lösung gefällt (das Parapepton ist jedoch nichts anderes als Syntonin). — 2. Dyspepton oder b-Pepton wird nicht durch Salpetersäure, wohl aber durch Kaliumeisencyanür aus stärker saurer Lösung gefällt. — 3. Metapepton oder c-Pepton wird durch beide Reagentien nicht gefällt. Diese Substanz soll nach Brücke aus zwei verschiedenen sich zusammensetzen, nämlich einer, die nur im Wasser löslich ist (Hydrophyr) und einer anderen, die in Wasser, sowie in Alkohol löslich ist (Alkophyr). — Bei der Verdauung des durch den Magensaft zuerst gefällten, dann unter Syntoninbildung schliesslich wieder zu Pepton aufgelösten Caseins spaltet sich ein phosphorhaltiger, dem Nuclein nahestehender Körper ab (Lubavin). — Allen diesen gebildeten Körpern fehlt die scharfe chemische Charakterisirung.

Mass der Einwirkung.

Um die Schnelligkeit der Auflösung des Fibrins durch Magensaft zu demonstriren, bringt Grünhagen in 0,2 Salzsäure gequollenes Fibrin auf einen Trichter, benetzt es mit Verdauungsflüssigkeit und constatirt die Schnelligkeit, mit der das Fibrin allmälig tropfenweise abschmilzt und sich endlich ganz löst. — Grützner färbt das Fibrin mit Carmin, quellt es mit 0,1 Salzsäure und wirft es in die Verdauungsflüssigkeit. Je schneller sich letztere gleichmässig (durch Fibrinlösung) roth färbt, um so energischer ist natürlich die verdauende Wirkung.

Reines Pepton.

Zur Darstellung reinen Peptones verfährt man so: Die dasselbe enthaltende Flüssigkeit wird durch Baryumcarbonat neutralisirt, unter Siedhitze auf dem Wasserbade eingeengt und filtrirt. Das Filtrat wird durch vorsichtigen Zusatz von Schwefelsäure des Baryums entledigt und abermals filtrirt (Hoppe-Seyler).

Weitere Producte.

Nach längerer Einwirkung des Magensaftes auf die Peptone werden dieselben in Leucin, Tyrosin und andere Spaltungskörper umgewandelt.

Die Peptone ersetzen die verbrauchten Albuminate.

Die Peptone sind unzweifelhaft diejenigen Modificationen der Eiweissstoffe, welche bestimmt sind, nach ihrer Resorption vom Nahrungstractus aus und weiterhin durch das Blut als Ersatz für die beim Umsatz im menschlichen Organismus verbrauchten Eiweisskörper verwendet zu werden. Durch Fütte-

rung mit Peptonen (statt des Eiweisses) kann nämlich nicht allein das Leben erhalten, sondern sogar eine Zunahme des Körpergewichtes erzielt werden (Plósz und Maly). Nach ihrer Aufnahme in die Blutbahn werden die Peptone wieder in gewöhnliche Albuminate (unter Wasserabgabe) zurückgeführt. Dahingegen ist es ausserhalb des Körpers noch nicht gelungen, durch chemische Proceduren diese Zurückbildung auszuführen.

Rückwandlung der Peptone.

Die Gegenwart gebildeter Peptone stört die Wirkung des Magensaftes nur insofern, als die grössere Concentration des Fluidums die Leichtbeweglichkeit der Flüssigkeitstheilchen einschränkt (Hoppe-Seyler). — Kochen, concentrirte Säure, Alaun und Gerbsäure vernichten die Verdauungsvorgänge. Die Salze der schweren Metalle, welche mit Pepsin, Peptonen und Mucin Niederschläge bewirken, stören die Magenverdauung, ebenso die concentrirten Lösungen der Alkalisalze, wie Kochsalz, Bittersalz und Glaubersalz. — Alkohol schlägt das Pepsin nieder, doch löst sich dasselbe durch nachfolgenden Wasserzusatz wieder auf, so dass die Verdauung dann wieder ungestört fortgeführt werden kann. Mittel, welche das Aufquellen der Eiweisskörper verhindern, z. B. festes Umschnüren, verhindern die Verdauung. Dahin ist auch die Wirkung der schrumpfenden concentrirten Salzlösungen zu rechnen.

Störung der Magenverdauung.

Wird flüssiges Eiweiss in grosser Menge (z. B. über 20 Eiweiss vom Ei) in den Magen gebracht, so wird dasselbe theilweise unverändert aufgenommen, so dass es sogar zur Wiederausscheidung durch den Harn gelangt.

Aufnahme flüssigen Eiweisses.

II. Einwirkung auf andere Nahrungsmittel.

Auf Stärkemehl vermag der Magensaft nicht lösend einzuwirken, doch soll Pepsin im Stande sein, das bei der Speichelwirkung entstandene Erythrodextrin und Achroodextrin in Traubenzucker zu verwandeln [pg. 273] (nicht das Dextrin, Zawiski); Inulin wird nicht verändert. — Rohrzucker wird ganz allmälig in Trauben- und Fruchtzucker übergeführt. — Bei der Verdauung des echten Knorpels entsteht (neben Chondrinpepton) ein die Trommer'sche Zuckerprobe liefernder Körper. — Fette werden in keiner Weise verändert. — Milch gerinnt sofort im Magen durch Fällung des Caseins, welches die Milchkügelchen einschliesst. Zur Fällung reicht allein schon die freie Salzsäure des Magens hin. Allein auch die neutrale Magenschleimhaut bewirkt die Fällung (Käsebereitung durch Labmagen vom Kalbe) vermittelst eines Fermentes (das nicht Pepsin ist), welches, wie es scheint, aus Milchzucker schnell die Fällung erzeugende freie Milchsäure bereiten kann. Der Milchzucker geht im Magen und Darm in Traubenzucker über.

Wirkung auf Kohlehydrate.

Knorpel.

Milch.

Ein Theil Labferment kann 800.000 Theile Casein fällen. Bei der Gerinnung des Caseins scheinen sich zwei neue Eiweisskörper zu bilden: der geronnene, den Käse constituirende, und ein peptonartiger in den Molken gelöst bleibender. Zusatz von etwas Chlorcalcium beschleunigt, von Wasser verzögert die Gerinnung (Hammarsten). (Vgl. Milch.)

III. Einwirkung des Magensaftes auf die verschiedenen Gewebe und ihre Bildungssubstanzen.

1. Die leimgebende Substanz der sämmtlichen Stützsubstanzen (Bindegewebe, Bindegewebsknorpel und Knochengrundsubstanz), sowie das Glutin selbst, werden im Magensafte aufgelöst, wobei der Leim nicht mehr gelatinirt. Die Bildung eines echten Leimpeptones ist hierbei noch nicht sicher nachgewiesen. — 2. Gleichfalls gelöst werden die structurlosen Membranen (Membranae propriae) der Drüsen, Sarkolemma, Schwann'sche Nervenscheide, Linsenkapsel, die elastischen Hornhautmembranen, die Membranen der Fettzellen, nicht mehr die elastischen (gefensterten) Membranen und Fasern. — 3. Die quergestreifte Muskelsubstanz bildet, nach Auflösung des Sarkolemmas und vielfacher Zertheilung des quergestreiften Inhaltes in Discs- und Fibrillentrümmer, ebenso wie die glatte Musculatur ein echtes gelöstes Pepton. — 4. Die weichen zelligen Elemente der Drüsen, geschichteten Epithelien, Endothelien, Lymphoidzellen werden in ihrem Albumingehalte aufgelöst zu Pepton, während das Nuclein der Kerne anscheinend nicht verdaut werden kann. — 5. Unverdaulich sind die verhornten Theile der Epidermis, Nägel, Haare, sowie von niederen Thieren das Chitin, die Seidensubstanz, das Conchiolin, das Spongin. — 6. Die rothen Blutkörperchen werden aufgelöst, das Hämoglobin zerlegt in Hämatin und globulinartige Substanz. Letztere wird peptonisirt; ersteres bleibt unverändert, zum Theil resorbirt, wird es in Gallenfarbstoff verwandelt. — Das Fibrin wird sehr leicht zu Fibrinpepton gelöst. — 7. Das Mucin, das auch von den Bechern der Magenschleimhaut abgesondert wird, geht unverändert durch den Darm ab. — 8. Von pflanzlichen Nahrungsbestandtheilen werden pflanzliche Fette vom Magensaft nicht verändert. Die Pflanzenzellen geben ihren protoplasmatischen Inhalt zur Peptonbildung her, während die Cellulose der Zellwände (für den Menschen) fast unverdaulich ist. Doch scheint bei der Fäulnissgährung im Darme etwas Cellulose in Zucker umgewandelt zu werden.

Warum der Magen sich nicht selbst verdaut.

Dass der Magen auch lebendige Körpertheile verdauen kann, zeigt die Thatsache, dass ein in eine Magenfistel eines Hundes eingebrachter Schenkel eines lebenden Frosches (Cl. Bernard), oder ein Kaninchenohr (Pavy) theilweise verdaut werden. Auch die Ränder von Magengeschwüren und Fisteln beim Menschen werden vom Magensafte durch Verdauung angefressen. Man hat schon früher die Frage aufgestellt (John Hunter 1772), weshalb die Magenwand sich nicht selbst verdaue? Da nach dem Tode in der That oft ziemlich schnell die Schleimhaut durch Selbstverdauung erweicht wird (Magenerweichung), so ist die Annahme gestattet, dass, so lange der Blutlauf besteht, das Gewebe durch das alkalische Blut stets der Säureeinwirkung entzogen wird; bei alkalischer Reaction kann aber die Verdauung nicht eingeleitet werden (Pavy). Unterbindung von Magengefässen hatte nach Pavy's Versuchen Verdauungs-Erweichung der Magenschleimhaut zur Folge. Auch die dicke, fest anhaftende Schleimlage mag die oberste Schicht der Schleimhaut vor Selbstverdauung schützen helfen (Cl. Bernard).

171. Magengase.

Verschluckte Luft.

Der Magen enthält constant eine gewisse Menge von Gasen. Diese stammen theils aus den Schaumblasen des verschluckten Speichels, theils aus Gasen, die vom Duodenum zurücktreten, theils endlich aus direct verschluckter Luft.

Wird der Kehlkopf und das Zungenbein (pg. 287; Erbrechen) plötzlich stark nach vorn gezogen, so tritt eine ziemliche Luftmenge in den Raum hinter den Kehlkopf, welche, wenn letzterer in seine Ruhelage zurücktritt, durch die Peristaltik des Oesophagus niedergebracht wird. Man kann an sich selbst das Abwärtsgehen eines solchen Luftquantums deutlich fühlen. Auf diese Weise kann nach und nach eine bedeutende Luftmenge verschluckt werden.

Diese Luftmassen erleiden constant im Magen eine Veränderung, indem der O daraus vom Blute absorbirt und für 1 Volumen absorbirten O 2 Volumina CO_2 vom Blute dahin abgegeben werden. Daher ist nach Planer der O-Gehalt äusserst gering, der CO_2-Gehalt sehr bedeutend.

Zusammensetzung der Magengase.

Magengase nach Planer in Volumen-Procenten.

	Menschlicher Leichnam; nach vegetabilischer Kost		Hund	
	I	II	I nach Fleischkost	II nach Hülsenfrüchten
CO_2	20,79	33,83	25,2	32,9
H	6,71	27,58	—	—
N	72,50	38,22	68,7	66,3
O	—	0,37	6,1	0,8

Ein Theil der CO_2 wird durch die Magensäure aus dem CO_2-reichen Speichel (vgl. pg. 271) ausgetrieben. Es findet somit in gewissem beschränkten Sinne eine Art Athmung im Magen statt (siehe Darmathmung). Der N verhält sich indifferent.

Abnorme Gasbildung.

Abnorme Gasentwickelungen bei Menschen (mit Magenkatarrhen) kommen nur bei neutraler Reaction des Mageninhaltes vor: bei der Buttersäuregährung kommen so H und CO_2 zur Production (während die Essigsäure- und Milchsäuregährung keine Gase erzeugen). Auch CH_4 (Grubengas) ist in den abnormen Magengasen gefunden, doch kann dieses nur vom Darm in den Magen getreten sein, da es sich nur dann bilden kann, wenn kein O zugegen ist (siehe pg. 331; Darmgase).

172. Bau des Pancreas.

Allgemeine Form.

Das Pancreas ist nach dem Typus der zusammengesetzten traubenförmigen (schlauchförmigen, Heidenhain) Drüsen, mit kleinen länglich-kolbigen Acinis, gebaut. Auf der Innenfläche der Membrana propria, die ähnlich derjenigen der Speicheldrüsen ist, liegen die mehr cylindrisch-konischen Secretionszellen. Die Zellen bestehen aus zwei Schichten: 1. der schmäleren Parietalschicht, welche durchscheinend, und durch Carmin stark färbbar ist, und 2. der Innenschicht, die stark granulirt, wenig färbbar ist und bei der Secretion (unter Verschmälerung) entschieden durch Abgabe von Material zur Absonderung beiträgt, indem die Körnchen sich lösen (Heidenhain). Zwischen beiden Schichten liegt der Kern.

Secretionszellen.

Injection des Drüseninnern unter hohem Druck lässt die Masse in feine, zwischen den Zellen liegende Intercellulargänge eintreten (Kunstproducte?). Im Centrum des Acinus trifft man mitunter spindelförmige oder verästelte Zellen an, die ihre Fortsätze zwischen die Secretionszellen einschieben und als Stützzellen zu den Elementen der Acinuswand in Beziehung stehen (centro-acinäre Zellen, Langerhans).

Ausführungsgang.

Der axial verlaufende Ductus pancreaticus besteht aus einer inneren dichteren und einer äusseren lockereren bindegewebigen und elastischen Wand, darin ein einschichtiges Cylinderepithel. Kleine

Schleimdrüschen liegen im Hauptgange und in dessen grössten Nebenästen. — Ob bei der Secretion ein theilweiser Zerfall von Drüsenzellen statthat, deren Trümmer sich dem Secrete beimischen (Donders), bedarf einer Prüfung. — In der liegenden Drüse findet sich viel Leucin, ferner Tyrosin, oft Xanthin und Guanin; Milchsäure, Fettsäuren (? Inosit); das meiste hiervon durch Selbstzersetzung.

173. Der pancreatische Saft.

Zur Gewinnung des pancreatischen Saftes band Regner de Graaf (1664) bei Hunden in den Ausführungsgang eine Canüle, welche ein leeres Bläschen am Ende trug. In den Leib zurückgebracht füllte sich dasselbe allmälig. — Andere leiteten das Röhrchen durch die Bauchdecken nach aussen und machten so eine transitorische Canülenfistel (die nach einigen Tagen stets durch entzündliche Abstossung des eingebundenen Canülenendes untergeht). — Um dauernde Fisteln anzulegen, hat man entweder eine Duodenalfistel (ähnlich einer Magenfistel) angebracht und von dieser Oeffnung aus den Wirsung'schen Gang durch eine eingeschobene dünne Röhre katheterisirt, — oder man eröffnet bei Hunden den Gang, zieht ihn gegen die Bauchwunde und sucht die Gangwunde mit der Bauchöffnung zu einer Fistel zu verheilen.

Transitorische und Dauer-Fisteln.

Verschiedenes Secret beider.

Aus den Dauerfisteln wird ein reichliches, schlecht wirksames, dünnflüssiges, an kohlensaurem Natron reicheres Secret gesammelt, während das noch vor dem Eintritt der Entzündung gewonnene spärliche dickflüssigere Fluidum frisch angelegter Oeffnungen am energischsten seine charakteristischen Wirkungen entfaltet.

Offenbar ist das spärliche dickflüssige Secret das normale. Das dünnflüssige reichliche scheint durch vermehrte Transsudation aus den (vielleicht in Folge der paralytisch gewordenen vasomotorischen Nerven) erweiterten Gefässen bewirkt zu sein. Es würde so in gewissem Sinne eine „paralytische" Absonderung (siehe pg. 268 Speichelabsonderung) darstellen. Die Menge muss sehr wechseln, je nachdem dickflüssiges oder dünnflüssiges Secret geliefert wird. Während der Verdauung sonderte ein grosser Hund 1—1,5 Gr. dickflüssiges Secret ab (Cl. Bernard). Dünnflüssiges gewannen Bidder und Schmidt aus permanenter Fistel für 1 Kilo Hund in 24 Stunden 35—117 Gr.

Menge.

Während die ruhende unthätige Drüse schlaff ist, von gelblich blassrother Farbe, ist die secernirende turgescirend und durch Erweiterung der heller-rothen Gefässe lebhaft geröthet.

Eigenschaften des normalen Secretes.

Der normale Pancreassaft ist durchsichtig, farb- und geruchlos, salzig von Geschmack und durch die Gegenwart von Natriumcarbonat stark alkalisch reagirend, daher bei Säurezusatz durch CO_2-Abgabe aufbrausend. Er enthält Eiweiss und Kalialbuminat; wie dünnflüssiges Eiereiweiss ist er klebrig,

etwas viscide und schwerfliessend und erstarrt wie dieses durch Kochen zu einer weissen Masse. In der Kälte stehend scheidet er ein gallertiges Eiweisscoagulum aus. In demselben erzeugen Salpeter-, Chlorwasserstoff- und Schwefel-Säure einen Niederschlag; die durch Alkohol erzeugte Fällung ist im Wasser wieder auflöslich. Claude Bernard fand im Safte vom Hunde $8{,}2^0/_0$ organische Stoffe und $0{,}8^0/_0$ Asche. Der von Carl Schmidt analysirte Saft vom Hunde enthielt in 1000 Theilen:

Feste Stoffe 90,38				
	organische	81,84		
	anorganische (ähnlich denen des Blutserums)	8,54	Kochsalz	7,36
			Phosphorsaures Natrium	0,45
			Schwefelsaures Natrium	0,10
			Natron	0,32
			Kalk	0,22
			Magnesia	0,05
			Schwefelsaures Kalium	0,02
			Eisenoxyd	0,02

Je schneller und profuser die Absonderung ist, um so ärmer an organischen (die anorganischen bleiben fast dieselben) Beständen ist das Secret (Weinmann, Bernstein); aber es ist dennoch in toto die Menge der abgesonderten festen Bestandtheile hierbei grösser, als bei spärlicher Entleerung (Bernstein). — Leucin (Radziejewski) und Seifen enthält der frisch entleerte Saft nur in Spuren.

Die Angabe Schiff's, dass das Pancreas nur nach Resorption („Ladung") von Dextrin absondere, steht noch vereinzelt; die Behauptung, dass das Pancreas nur wirksam sei bei vorhandener Milz, fand ich durch wohlgelungene Verdauungsversuche nach länger voraufgegangener Milzexstirpation beim Hunde nicht bestätigt.

174. Verdauende Wirkung des pancreatischen Saftes.

Das Vorhandensein von drei hydrolytischen Fermenten macht den Pancreassaft zu einer sehr wichtigen Verdauungsflüssigkeit.

Das Pancreas-Ptyalin.

I. **Die diastatische Wirkung** (Valentin 1844) wird von dem Pancreas-Ptyalin ausgeübt, das dem des Speichels gleich zu sein scheint; doch wirkt es viel energischer als dieses, sowohl auf rohe als auf gekochte Stärke, bei Körpertemperatur fast sofort, bei niedrigerer erheblich langsamer. Auch Glycogen wird in Dextrin und Traubenzucker, ebenso das Achroodextrin (Brücke's) in Zucker verwandelt. Rohrzucker und Inulin bleiben unverändert.

Durch Alkohol wird das Ferment niedergeschlagen, in Glycerin wird es aufgelöst erhalten ohne wesentliche Schwächung. Alle Eingriffe, welche die diastatische Wirkung des Speichels zerstören (vgl. pg. 274), heben auch die des Pancreas-Ptyalins auf, doch ist Zumischung von saurem Magensaft oder von Galle ohne nachtheiligen Einfluss. Im Pancreas der Neugeborenen fehlt diese Diastase Koravin 1873).

Darstellung. Man isolirt das Ferment nach derselben Methode, nach welcher das Speichel-Ptyalin dargestellt wird (siehe pg. 273) (Danilewsky 1862), doch fällt bei dieser Procedur zugleich das peptische Ferment mit nieder.

Das Trypsin. **II. Die peptische Wirkung** (Cl. Bernard 1855) beruht auf dem Vorhandensein eines hydrolytischen Fermentes, welches Corvisart (1858) Pancreatin (W. Kühne 1876, Trypsin) genannt hat. Dasselbe verwandelt bei Körperwärme die Albuminate bei alkalischer Reaction ohne vorhergehende Quellung zuerst in Globulinsubstanz und dann in echte Peptone (C- und O-reichere als die Pepsinpeptone; [Kistiakowski]). Vorheriges Aufquellen der Eiweisskörper durch Salzsäure, sowie saure Reaction überhaupt wirken sogar hindernd auf die Umwandlung ein. Auch der Leim wird verflüssigt und gelöst; — aber Nuclein (Bokay) und Hämoglobin widerstehen der Auflösung (Hoppe-Seyler).

Darstellung. Das peptische Ferment (das auch in der Drüse der Neugeborenen nicht fehlt [Zweifel]) wird aus mit Wasser verdünntem Safte durch Bewirkung eines voluminösen Collodiumniederschlages mechanisch mit niedergerissen. Der Niederschlag wird gewaschen uud getrocknet, hierauf das Collodium durch ein Aether-Alkoholgemisch gelöst. Der Rückstand ist in Wasser löslich und stellt das Ferment dar (Danilewsky).

Kühne trennt noch mit besonderer Sorgfalt das mit dem Fermente in wässerigem Drüsenauszug noch verbundene Eiweiss und stellt so das Ferment in reinerer Form dar. Es ist löslich in Wasser, unlöslich in Alkohol und in Glycerin. Bei gegenseitiger Einwirkung von Pepsin und Salzsäure einerseits und Trypsin andererseits wird letzteres durch den Verdauungsprocess umgewandelt. Getrocknet kann es ohne Schaden auf 160^0 erhitzt werden (Salkowski).

Entstehung. Das Trypsin entsteht innerhalb des Pancreas aus einem anderen Mutterkörper, Zymogen (Heidenhain), der sich 14 Stunden nach der Fütterung in den inneren Theilen der Secretionszellen am reichlichsten ansammelt. Er ist in Wasser und in Glycerin löslich. In wässeriger Lösung spaltet dieser Körper das Ferment ab; innerhalb des ausgeschnittenen Pancreas geschieht dasselbe durch Behandlung mit starkem Alkohol (W. Kühne). — Zusatz von kohlensaurem Natron (und einiger anderer Alkalisalze) steigert die Wirksamkeit des Fermentes im pancreatischen Safte (Heidenhain). *Weitere Einwirkung auf Peptone.* Bei weiterer Einwirkung des Trypsins auf die gebildeten Peptone wird etwa die Hälfte in Antipepton verwandelt, während das Uebrige in die Amidosäuren Leucin und Tyrosin übergeführt wird (Kühne). Es entsteht auch Asparaginsäure (Amidobernsteinsäure) bei Fibrin- und Kleberverdauung (Radziejewski und Salkowski), und Glutaminsäure. Schon Virchow fand in der länger liegenden Drüse Leucin und Tyrosin reichlich vor. Bei noch weiterer Einwirkung entstehen (besonders schnell bei alkalischer Reaction) stark fäcal stinkende Stoffe, das übelriechende Indol (Kühne), flüchtige Fettsäuren, ein durch Chlorwasser in violettrothen Flocken niederfallender Stoff und Phenol (Baumann) unter Entwickelung von H, — CO_2, — H_2S, — CH_4 — N. Die Indolbildung und die letztgenannten

Zersetzungsproducte entstehen aber lediglich durch Fäulniss der Präparate; sie werden verhindert durch Salicylsäure, welche die fäulnisserregenden stets vorhandenen Organismen tödtet (Hüfner, Kühne).

Auf die histologischen Elemente der eiweisshaltigen Nährstoffe wirkt das Trypsin ähnlich wie das Pepsin.

Längeres Sieden der Albuminate mit verdünnter Schwefelsäure erzeugt, ähnlich der Wirkung des Trypsins, erst Pepton, dann Leucin (C_6 H_{10} NH_2) (O . OH = Amidocapronsäure) und Tyrosin (C_9 H_{11} NO_3) (Kühne).

Das fettzerlegende Ferment.

III. Die Wirkung auf die Fette kommt einem sehr leicht sich zersetzenden Fermente zu (Cl. Bernard), das schon im Neugeborenen vorhanden zu sein scheint. Die Einwirkung auf die neutralen Fette ist eine doppelte: 1. werden sie in eine feine haltbare Emulsion verwandelt, — 2. hierauf unter Wasseraufnahme in Glycerin und fette Säure zerlegt. Das Lecithin wird durch dieses Ferment gespalten in Glycerin-Phosphorsäure, Neurin und fette Säuren (Bokay).

Nach vollendeter Spaltung werden die fetten Säuren mit dem Alkali des Saftes und der Darmflüssigkeit verseift.

Das Ferment lässt sich nicht mit Glycerin extrahiren, dagegen wird es durch Magnesia usta aus dem Pancreassafte niedergeschlagen.

Zur Prüfung der Verdauungsthätigkeit des Pancreas kann man auch von der geschwellten und gerötheten Drüse des frisch getödteten Thieres nach Zerreibung einen Wasserauszug bereiten. — In wie weit die Extraction durch Glycerin (v. Wittich) für die verschiedenen Fermente anwendbar ist, ergibt sich aus dem Mitgetheilten.

Das Pancreas des Neugeborenen enthält kein diastatisches, wohl aber das peptische und fettzerlegende Ferment. Krankheiten der Säuglinge, zumal Durchfälle scheinen auf die Wirksamkeit des Pancreas von grösserem Einflusse zu sein (Zweifel). Geringe diastatische Kraft zeigt sich nach dem zweiten Monate des Lebens, volle Wirkung erst nach Ablauf des ersten Jahres (Korowin).

175. Die Absonderung des Pancreas-Saftes.

Ruhe und Thätigkeit der Drüse.

Man kann beim Pancreas einen Ruhezustand und einen Zustand der secretorischen Thätigkeit unterscheiden. Der letztere findet nur nach Nahrungsaufnahme statt und erfolgt höchst wahrscheinlich stets durch eine reflectorische Anregung durch die Nerven des Magens und des Duodenums.

Zeit der Absonderung.

Nach Bernstein fliesst mit der Einführung der Ingesta in den Magen zuerst das Secret, dessen Menge mit der zweiten Stunde seinen Höhepunkt erreicht. Hierauf sinkt die Menge bis zur 4. oder 5. Stunde, steigt dann (durch den völligen Uebertritt der gelösten Massen in das Duodenum) abermals bis gegen die 7. Stunde, und fällt endlich ganz allmälig gegen die 16.—18. Stunde bis zum völligen Versiegen. Neue Nahrungsaufnahme regt auf's Neue diesen Turnus an.

Verhalten der Gefässe.

Bei der Absonderung verhalten sich die Gefässe ähnlich, wie die der Speicheldrüsen nach Facialisreizung (sie sind erweitert, das Venenblut ist hellroth); es ist daher wahrschein-

lich, dass hier ein ähnlicher Nervenmechanismus thätig ist. Das Secret steht unter einem Absonderungsdruck bis über 17 Mm. Hg.

Nerveneinfluss: Anregung, Die Nerven entstammen dem Plexus hepaticus, lienalis, mesentericus superior, denen der Vagus und Splanchnicus Aeste zugesellen. — Erregt wird die Absonderung durch Reizung der Medulla oblongata (Heidenhain und Landau), sowie der Drüse selbst durch Inductionsströme (Kühne und Lea). *Sistirung.* Unterdrückt wird die Secretion durch Atropin, durch Erregung von Brechbewegungen (Cl. Bernard), sowie durch Reizung des centralen Vagusstumpfes (Ludwig, Bernstein), wie auch anderer sensibler Nerven, z. B. des N. cruralis und Ischiadicus (Afanassiew und Pawlow). Ausrottung der die Gefässe umspinnenden erreichbaren Nerven am Pancreas macht die besagten Eingriffe *paralytische Secretion.* unwirksam. Dagegen wird nun die Secretion einer dünnen „paralytischen", wenig wirksamen Absonderung andauernd, deren Menge nun auch durch die Nahrungsaufnahme nicht modificirt wird (Bernstein).

Ausrottung der Drüse. Thiere ertragen Unterbindung des Wirsung'schen Ganges (Frerichs) und die Ausrottung der Bauchspeicheldrüse (Schiff) ohne bedeutende Eingriffe in ihre Ernährung; namentlich erleidet die Fettresorption im Darme keine Unterbrechung Merkwürdiger Weise stellt sich nach Unterbindung des Ganges dieser von selbst wieder her.

176. Bau der Leber.

Die Leber wird den zusammengesetzten acinösen Drüsen zugerechnet. Ihre Entwickelung lehrt, dass sich dieselbe mit ihrem Ausführungsgange in Form einer netzförmig sich gestaltenden tubulösen Drüse ausbildet. Als noch makroskopische Einheit der Drüse betrachten wir die kugeligen, polygonal gegen einander abgeflachten Leberacini (Läppchen, Inseln von 1—2 Mm. Durchmesser), welche die folgenden histologischen Einzelheiten aufweisen.

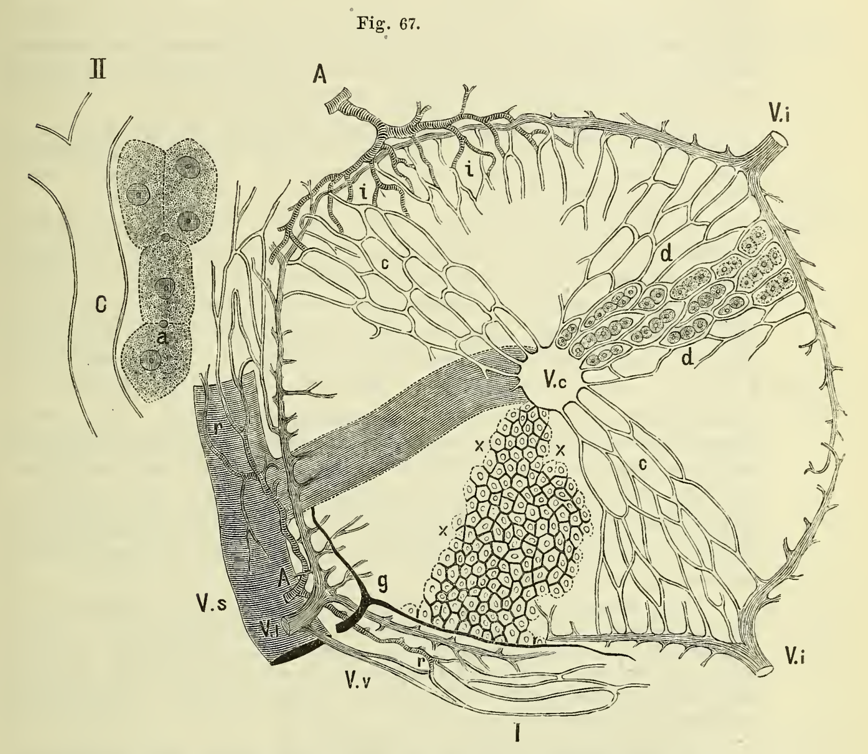
Drüsenzellen. 1. Die Leberzellen (II a), [34 — 15 μ], unregelmässig polyedrisch, aus einem weichen, brüchigen, fettkörnchenreichen Protoplasma bestehend, hüllenlos mit kugelförmigem, einfach oder mehrfach vorhandenem Kerne mit Kernkörperchen, sind so angeordnet, dass sie vom Centrum des Acinus aus in mehr weniger langen zusammenhängenden Reihen radiär gegen die Oberfläche des Läppchens hinstreben. In dieser Anordnung sind sie theils von den feinsten Gallenröhrchen umsponnen (I. x), theils durch die grobmaschigeren Blutcapillaren in Reihen von einander abgesetzt (d d).

2. Die Blutgefässe des Läppchens. *a) Verzweigungen des venösen Systemes.* — Folgt man den Verästelungen der in die Porta hepatis eintretenden Vena portarum, so gelangt man nach reicher dendritischer Verzweigung schliesslich zu kleinen Stämmchen, welche an der Grenze der Acini, von verschiedenen Seiten herkommend, einherziehen und hier durch capillare Anastomosen in Verbindung stehen: *Venae interlobulares.* Venae interlobulares (V. i). Von diesen treten nun sofort Capillargefässe (c. c.) von der gesammten Peripherie des Acinus gegen die Mitte desselben vor. Sie sind relativ weit (10—14 μ), und bilden in radiärer Richtung längliche Maschen, zwischen denen allemal (d d) eine Reihe zusammenhängender Leberzellen („Leberzellenbalken") eingelagert ist. Die Capillaren liegen hierbei so, dass sie an den Kanten

der Zellenreihen (nie zwischen den Flächen zweier benachbarter) entlang verlaufen. Der radiäre Verlauf der Capillaren bringt es nothwendig mit sich, dass dieselben im Centrum des Acinus zu dem Anfange eines grösseren Gefässes zusammenstossen müssen. Dies ist die Vena centralis (Vena intralobularis) (V. c), die nun ihrerseits an einer

Venae centrales.

Fig. 67.



I Schema eines Leberläppchens. *V. i V. i* Venae interlobulares. — *V. c* Vena centralis. — *c c* Capillaren zwischen beiden. — *V. s* Vena sublobularis. — *V. v* Vena vascularis. *A A* Aestchen der Leberarterie, bei *r r* an die Glisson'sche Kapsel und die grösseren Gefässe tretend und weiterhin die Venae vasculares bildend, — bei *i i* in die Capillaren der Venae interlobulares eintretend. — *g* Aestchen des Gallenganges, bei *X X* sich intercellular zwischen den Leberzellen verzweigend. — *d d* Lage der Leberzellen zwischen den Maschen der Blutcapillaren. — *II* Isolirte Leberzellen, bei *c* einer Blutcapillare anliegend, bei *a* einen feinen Gallengang bildend.

Stelle quer das Läppchen durchsetzend austritt und, an die Oberfläche gelangt, hier als Vena sublobularis (V. s) mit den gleichwerthigen Gefässen benachbarter Acini zu grösseren Stämmchen sich vereinigt, welche (100 μ breit) die Wurzeln der Venae hepaticae darstellen. Die Stämme dieses mächtigen Venenwurzelstockes verlassen am stumpfen Leberrand die Drüse.

Venae sublobulares.

b) Verzweigungen der Arteria hepatica. Die Schlagader der Leber befindet sich mit ihrer Verästelung in ihrem ganzen Verlaufe

Leber-Arterie.

zunächst in Begleitung (der durchgehends dickeren) Pfortaderzweige, denen sie (sowie den benachbarten gröberen Gallengängen) Ernährungscapillaren abgibt. Ihre Aeste haben unter einander vielfache anastomotische Verbindungen. Die sehr schmalen Capillaren treten meist von der Peripherie des Acinus her in die Capillaren des Pfortadersystemes ein (i i). Diejenigen Capillaren der Arterie jedoch, welche noch im dickeren Bindegewebe an den gröberen Venen- und Gallengang-Aesten liegen (r r), gehen zumeist in je 2 Venenstämmchen über, welche (eine Strecke weit ihr entsprechendes Arterienästchen begleitend) in Zweige der Pfortader einmünden (V. v) (Ferrein).

Einzelne Arterienzweige treten bis zur Oberfläche der Leber hervor, woselbst sie namentlich unter der Peritonealhülle ein weitmaschiges Ernährungsnetzwerk bilden. Die sich von hier aus sammelnden Venenstämmchen gelangen gleichfalls zu Pfortaderästchen.

Gallengänge.

3. Die Gallengänge. Die feinsten Gallengänge (Gallencapillaren) entstehen vom Centrum des Acinus her, und ebenso im ganzen Binnenbereiche desselben, als membranlose (1—2 μ dicke), sehr regelmässig anastomosirende, gerade verlaufende Röhrchen (Gerlach). Sie bilden um jede Leberzelle eine (meist sechseckige) polygonale Masche (x. x). Die Röhrchen liegen fast stets in der Mitte der Flächen zweier benachbarten Leberzellen (II. a) als echte Intercellulargänge (Hering). Beim Auseinanderfallen der Zellen durch Maceration verbleiben also den Zellen nur halbrinnenförmige Eindrücke auf ihren Flächen; nie sieht man Stücke von Röhrchen mit selbstständigen Wandungen. Da die Blutcapillaren auf den Kanten der Leberzellenreihen verlaufen, die Gallenröhrchen jedoch auf den Flächen der Zellen, so sind beide Röhrensysteme stets in einer entsprechenden Entfernung von einander.

Intercelluläre Gänge.

Beim Menschen verlaufen mitunter auch einzelne Gallenröhrchen an den Kanten der Zellen, so dass dann dieselben als Intercellulargänge von 3—4 Zellen auftreten müssen; diese Anordnung soll sogar in der embryonalen Leber die vorherrschende sein (Zuckerkandl, Toldt). — Einige Forscher sprechen den feinsten Gallenröhrchen selbstständige structurlose oder endothelienartig gebildete Wandungen zu.

Interlobuläre Gallengänge.

Innerhalb des peripheren Rindentheiles des Acinus vergrössern sich die wandungslosen Röhrchen durch Anastomosen benachbarter und verlassen sodann den Acinus, um von nun an als interlobulär (g) sich mit den anstossenden vereinigend gröbere Gallengänge zu bilden, welche fortan stets in Begleitung der Aeste der Arteria hepatica und der Vena portarum schliesslich ebenfalls mit einem Sammelrohr (Ductus hepaticus) die Leberpforte erreichen. Die feineren interlobulären Gallengänge besitzen eine structurlose membrana propria mit einem niedrigen auskleidenden Epithel. Die gröberen zeigen eine aus Bindegewebe und elastischen Fasern gewebte doppelte Haut, die innere zugleich vornehmlich mit Blutcapillaren ausgestattet und ein einschichtiges Cylinderepithel tragend. Erst in den stärksten Aesten, sowie in der Gallenblase, gestaltet sich die innere Lage zu einer selbstständigen Schleimhaut mit Submucosa. Glatte Muskelfasern finden sich in einzelnen Zügen in den Hauptgängen, sowie in einer zarten

Längs- und Circulärschicht in der Gallenblase; in dieser ist die Schleimhaut mit zahlreichen Fältchen und Grübchen ausgestattet; das Epithel ist ein mit deutlichem Basalsaume ausgestattetes einschichtiges Cylinderepithel mit zwischengelagerten Schleimbechern. Kleine theils mehr schlauchförmige, theils mehr acinöse einfache Schleimdrüschen finden sich in der Schleimhaut der groben Gallengänge.

Vasa aberrantia.

Vasa aberrantia nennt man gewisse an der Leberoberfläche wie versprengt verlaufende Gallengänge, die zu keinem System von Leberläppchen gehören. Am scharfen Rande des linken Leberlappens, in der Umgebung der Cava inferior, der Gallenblase und der in die Porta eintretenden Theile liegen sie zumeist, und es hat den Anschein, als wäre das Parenchym der ursprünglich zu ihnen gehörenden Leberläppchen durch Druck dem Schwund anheimgefallen (Zuckerkandl und Toldt).

Capsula Glissonii.

4. Das Bindegewebe der Leber dringt als Umhüllung (Capsula Glissonii) der Gefässe in die Pforte ein und gelangt schliesslich mit denselben zur Peripherie der Acini, woselbst es beim Schwein, Kameel und Eisbären eine deutlich nachweisbare Kapsel darstellt, beim Menschen jedoch nur wenig hervortritt. Aber auch bis in den Acinus hinein lassen sich zarte Elemente reticulären Bindegewebes und ein Netzwerk feiner Fäserchen (Fleischl) verfolgen, die (der Neuroglia ähnlich) die Fixation der Elemente besorgen.

Das Bindegewebe, welches die Acini umgibt, nimmt bei Säufern nicht selten eine beträchtliche Dimension an und kann durch seine Wucherung sogar den Inhalt der Acini durch Druck zur Verödung bringen (Lebercirrhose).

Nach Charcot und Gombault hat auch die Unterbindung des Ductus choledochus eine interstitielle Leberentzündung zur Folge. Bei Kaninchen und Meerschweinchen zieht diese Operation Untergang des Lebergewebes nach sich, welch' letzteres durch neugebildetes Bindegewebe und Gallengänge sich ersetzen soll. Bei allen diesen interstitiellen Entzündungen zeigen sich Wucherungen der Epithelien der Gallengänge (Foà, Salvioli).

Lymphgefässe.

5. Lymphgefässe findet man zwischen den Acini als ziemlich weite netzförmig verbundene Capillarröhrchen zumal in der Umgebung der Blutgefässe. Ob die von hier aus in den Acinus hinein als perivasculäre Lymphscheiden eintretenden, alle Blutgefässcapillaren überziehenden Gänge, die unter hohem Injectionsdruck füllbar sind, wirklich die Anfänge der Lymphgefässe darstellen (Mac Gillavry), oder ob sie lediglich Kunstproducte sind (Hering), bedarf erneuter Untersuchung; v. Wittich sah von den interlobulären Röhren feine Capillaren in die Leberacini eindringen, die zwischen den Blutcapillaren und den Leberzellen verliefen. Die aus den interlobulären Bahnen sich sammelnden grösseren Gefässe verlassen theils in der Porta, theils mit den Venae hepaticae, theils an verschiedenen Stellen der Oberfläche das Organ. An letzterer Stelle bilden sie ein enges Maschenwerk und ziehen durch die Ligamenta triangularia und das hepato-renale und suspensorium hinweg.

Nerven.

6. Die Nerven des theils aus Remak'schen, theils aus markhaltigen Fasern zusammengesetzten Plexus hepaticus folgen den Verästelungen der Leberarterie. Ihrem Zuge im Innern des Organes finden sich Ganglien eingeschaltet. Bis jetzt ist nur die Annahme gestattet, dass die Nerven vasomotorischer Natur seien, da die Angaben Pflüger's, dass Nervenfasern direct in Leberzellen endigen, unbestätigt geblieben sind.

177. Chemische Bestandtheile der Leberzellen.

Eiweisskörper.

1. Albuminate. Das frische weiche Leberparenchym reagirt alkalisch; nach dem Tode tritt eine Gerinnung unter Trübung des Zellinhaltes ein, das Gewebe wird brüchig und nimmt allmälig saure Reaction an. Dieser Vorgang erinnert sehr an das Muskelgewebe und wird von einer Eiweisssubstanz hergeleitet, die während des Lebens löslich, nach dem Tode eine spontane Gerinnung eingeht (Plósz). Ausserdem kommen noch andere Eiweisskörper, darunter ein Globulin in den Zellen vor; die Kerne der Leberzellen liefern Nuclein (Plósz).

Das Glycogen

2. Das Glycogen, oder das animalische Amylum, ist ein dem Inulin am nächsten stehender, in Wasser löslicher, aber schwer diffundirender Körper ($C_6 H_{10} O_5$), ein wahres Kohlehydrat (Cl. Bernard und V. Hensen 1853), das in amorphen Massen die Kerne der Leberzellen umlagert (Bock und Hoffmann). Durch Jodjodkalium wird dasselbe tief roth gefärbt; diastatisches Ferment verwandelt es in Achroodextrin und Ptyalose (vgl. pg. 273. I), Kochen mit verdünnten Mineralsäuren in Traubenzucker.

Darstellung.

Nach Brücke wird es in folgender Weise dargestellt. Man bereitet von der möglichst frisch und schnell zerriebenen Leber eine wässerige Abkochung. In der gesammelten Flüssigkeit bewirkt Zusatz von Quecksilberjodid-Jodkalium die Fällung aller N-haltigen Substanzen, die beim Filtriren auf dem Filtrum zurückbleiben. Zusatz von überschüssigem Alkohl zum Filtrate schlägt das Glycogen nieder, das eventuell zur quantitativen Bestimmung getrocknet und gewogen wird. Es beträgt gegen $1^1/_2$—$2^1/_2$% des Lebergewebes.

Einflüsse auf die Bildung.

Werden zu den Eiweisskörpern der Nahrung grosse Mengen Amylum, Milch-, Frucht-, Rohrzucker oder Glycerin [nicht Mannit (Luchsinger) oder Inosit (Külz)] hinzugefügt, so steigt der Glycogengehalt der Leber sehr stark (bis 12% beim Huhn), während reine Eiweisskost oder Fettkost ihn enorm herabsetzt, der Hungerzustand denselben sogar fast völlg unterdrückt (Pavy und Tscherinoff). Einspritzung aufgelöster Kohlehydrate in eine Mesenterialvene eines hungernden Kaninchens macht die glycogenfreie Leber wieder glycogenhaltig (Naunyn).

Seine Umwandlung in Zucker.

Während des Lebens unter normalen Verhältnissen wird das Glycogen in der Leber entweder gar nicht in Traubenzucker umgewandelt (Pavy, Ritter, Eulenburg), oder doch (was wahrscheinlicher ist) jedenfalls nur in sehr geringen Mengen. Der normale Zuckergehalt des Blutes beträgt 0,5—1 pro mille, das Lebervenenblut enthält etwas mehr. Reicherer Umsatz in Zucker findet erst statt bei erheblichen Circulationsstörungen in der Leber, wobei dann das Blut der Lebervenen stärker zuckerhaltig wird. Ebenso erleidet schnell nach dem Tode das Glycogen diese Umwandlung, so dass die Leber stetig zuckerreicher und glycogenärmer gefunden wird.

Das hierzu nothwendige wirksame Ferment lässt sich aus einem Auszuge der Leberzellen (nach dem für die Ptyalindarstellung üblichen Verfahren) gewinnen; doch soll es nicht in den Leberzellen gebildet werden, sondern nur sehr schnell hier zur Ablagerung gelangen aus dem Blute, innerhalb dessen stets das Ferment mit Schnelligkeit sich bildet, sobald die Bewegung desselben eine erheblichere Störung erfährt (Ritter, Schiff). Umwandelndes Ferment entsteht auch bei der Auflösung rother Blutkörperchen (Tiegel), und da nun innerhalb der Leber eine stetige geringe Einschmelzung rother Blutkörperchen sicher angenommen werden muss, so ist hiermit eine Quelle von Fermentbildung gegeben, wodurch geringe Zuckermengen in der Leber fortwährend erzeugt werden.

Diastatisches Ferment.

Wird Glycogen in das Blut eingespritzt, so erscheint Achroodextrin im Harne; daneben gelöster Blutfarbstoff, da Glycogen rothe Blutkörperchen aufzulösen vermag (Böhm, Hoffmann).

178. Die Zuckerharnruhr.

(Vergleiche 48 pg. 74)

Die Bildung grosser Mengen von Zucker durch die Leber und damit der Uebertritt desselben in das Blut und in den Harn (Glycosurie, Diabetes mellitus, Zuckerharnruhr) ist mit den erwähnten normalen Verhältnissen in Verbindung gebracht worden Leberexstirpation (beim Frosche) oder Zerstörung der Leberzellen (fettige Entartung durch Vergiftung mit Phosphor oder Arsenik [Salkowski]) lassen die Erscheinung nicht zu Stande kommen. Sie tritt einige Stunden lang nach der Verletzung einer ganz bestimmten Stelle (Centrum der Lebervasomotoren) am Boden des unteren Theiles der Rautengrube auf (Cl. Bernard's Zuckerstich, Piqûre), ferner nach Durchschneidung der vasomotorischen Bahnen im Rückenmark von oben abwärts bis zum Austritte der Lebernerven, nämlich bis zum Lendentheile, beim Frosch bis zum 4. Wirbel (Schiff).

Der Zuckerstich und die Verletzung der Leber-Vasomotoren.

Eine jede Durchschneidung oder Lähmung der vasomotorischen Leitungsbahnen von dem Centrum bis zur Leber hin hat also Melliturie zur Folge. Es verlaufen jedoch nicht alle Bahnen allein durch das Rückenmark. Eine Anzahl vasomotorischer Leberfasern verlassen nämlich schon höher das Rückenmark und verlaufen weiterhin in der Bahn des Sympathicus zur Leber. So hat schon die Zerstörung des obersten (Pavy), sowie des untersten Halsganglions und des ersten Brustganglions (Eckhard), der Bauchganglien (Klebs, Munk), oft auch des Splanchnicus (Hensen, v. Graefe) Zuckerharnen zur Folge. Die gelähmten erweiterten Gefässe machen die Leber sehr blutreich, der Blutstrom ist in derselben verlangsamt. Diese Störung der Circulation bewirkt einen grossen Zuckerreichthum der Leber, da das Blutferment nun Zeit hat, auf das Glycogen umsetzend einzuwirken. Durch Reizung des Sympathicus am letzten Hals- und ersten Brustganglion ziehen sich die Lebergefässe an der Peripherie der Acini unter Erblassen zusammen (Cyon, Aladoff). Merkwürdig ist, dass vorhandene Melliturie durch Durchschneidung der Nn. splanchnici aufgehoben werden kann. Dies erklärt sich dadurch, dass die kolossale nach dieser Operation eintretende Eingeweidehyperämie die Leber blutarm macht.

Auch eine Reihe von Giften, welche die Lebervasomotoren lähmen, bewirken in gleicher Weise Diabetes: Curare (bei nicht unterhaltener künstlicher Respiration), Chloroform, Aether, Chloral, Amylnitrit, Schwefelkohlenstoff, Chlorkohlenstoff, Morphin, Quecksilberchlorid und (?) CO. — Aber auch Blutstauungen anderer Art in der Leber scheinen Zuckerharnen zu veranlassen.

Hierher gehört wohl das Auftreten desselben nach Einspritzung diluirter Salzlösungen in das Blut (Bock, Hofmann), wobei die Formveränderungen oder die Auflösung rother Blutkörperchen stauungserregend wirken. Auch die Erscheinung, dass wiederholte Aderlässe das Blut zuckerreicher machen, erklärt sich vielleicht aus Circulationsverlangsamung.

Nach Schiff soll sogar Blutstagnation in beliebiger umfangreicherer Körperregion die Fermententwickelung im Blute so steigern, dass Diabetes entstünde. Dahin müsste denn auch jene Glycosurie gerechnet werden, welche nach Compression der Aorta oder der Pfortader entsteht (doch wird hier vielleicht der ausgeübte Druck wirksame Nervenbahnen lähmen). Nach Eckhard soll auch eine Verletzung des Wurms am Kleinhirn der Kaninchen Diabetes bewirken. — Auch beim Menschen können Affectionen der vorbenannten Nerventheile hochgradige Zuckerharnruhr hervorrufen. — Zur Erklärung der letzten Ursache dieser Erscheinungen hat man auf verschiedene Gründe hingewiesen:

a) Es kann das Leberglycogen nunmehr ungehemmt in Zucker umgesetzt werden, da aus der in ihrer Bewegung darniederliegenden Blutbahn Ferment an die Leberzellen übertragen werden kann (siehe oben). So ist das normal functionirende vasomotorische System der Leber und namentlich dessen Centrum am Boden der Rautengrube in gewissem Sinne ein „Hemmungssystem" für die Zuckerbildung zu nennen.

b) Wenn man annimmt, dass unter normalen Verhältnissen fortwährend eine, wenn auch nur geringe Menge Zuckers von der Leber her dem Blute durch die Lebervenen zufliesst, so könnte man auch den Diabetes erklären, als auf dem Wegfall derjenigen Umsetzungen beruhend (gestörte Verbrennung des Zuckers im Blute), welche diesen Zucker unter normalen Verhältnissen fort und fort aus dem Blute beseitigen. In der That fand man geringeren Verbrauch an O bei Diabetikern (Pettenkofer und Voit) neben gesteigerter Harnstoffbildung.

Bildung des Glycogens.

Als Mutterkörper für das in der Leber entstehende Glycogen sind sehr verschiedene bezeichnet: Die Kohlehydrate der Nahrung (Pavy), — Fette (Olivenöl, Salomon), Glycerin (van Deen, Weiss), — Taurin und Glycin (letzteres durch Spaltung in Glycogen und Harnstoff [Heynsius und Küthe]), — die Eiweisskörper (Cl. Bernard) und Leim (Salomon). Sind die Albuminate die Ursprungsstoffe, so muss es aus einem abgespaltenen N-losen Complex derselben hervorgehen.

Anderweitiges Vorkommen des Glycogens.

Das Glycogen ist keineswegs allein auf die Leberzellen beschränkt, es findet sich im embryonalen Leben in allen Geweben des Körpers des Embryos, wie auch ganz junger Thiere (Kühne), ferner in den Eihüllen (Cl. Bernard). Im Erwachsenen trifft man es im Hoden (Kühne), in den Muskeln (Mac Donnell, O. Nasse). In manchen pathologischen Neubildungen, sowie in entzündeten Lungen (Kühne), desgleichen in den Geweben niederer Thiere ist es angetroffen worden. Dem Glycogen nahestehende Stoffe, die der Umwandlung in Zucker fähig sind, hat man unter normalen Verhältnissen im Gehirn (Jaffé), in den Muskeln (= Dextrin, Limpricht), im Blute (Brücke) gefunden, unter pathologischen Verhältnissen besonders reichlich in der sogenannten „amyloiden Substanz", die bei der amyloiden Entartung hauptsächlich an kleinen Gefässen, sowie in den Drüsen angetroffen wird, oft in hochgradiger Menge und von Virchow als eine „Verholzung" der Gewebe bezeichnet worden ist.

3. In den Leberzellen sind ferner beobachtet: Fette: Olein, Palmitin, Stearin, — ferner Spuren Cholesterin, endlich geringe Mengen von Harnstoff, Harnsäure, Sarkin, Xanthin.

4. Von den unorganischen Bestandtheilen fand man in menschlicher Leber Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Eisen, (Mangan, Kupfer, Zink Blei,) Chlor, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kohlensäure.

179. Bestandtheile der Galle.

Eigenschaften. Die Galle ist eine gelbbraun bis dunkelgrün gefärbte durchsichtige Flüssigkeit, von süsslich stark bitterem Geschmack, schwachem moschusähnlichem Geruch, neutraler Reaction. Das specifische Gewicht der menschlichen aus der Blase entnommenen Galle ist 1026—1032, der aus einer Fistel gesammelten betrug 1010—1011 (Jacobsen). Ihre Bestandtheile sind:

Schleim. 1. Der Schleim, welcher die Galle fadenziehend macht und ihr nicht selten alkalische Reaction gibt, ist das Product der Schleimdrüschen und der Becherzellen der Schleimhaut der Gallenwege. Er bewirkt baldigen Eintritt von Fäulniss in der Galle. Durch Essigsäure oder durch Alkohol wird der Schleim in der Galle niedergeschlagen.

Gallensäuren. 2. Die beiden Gallensäuren: die Glycocholsäure und Taurocholsäure, sogenannte gepaarte Säuren, mit Alkali, namentlich Natron, zu glycocholsaurem und taurocholsaurem Natron verbunden. In menschlicher Galle (ebenso der Vögel, vieler Säuger und der Kaltblüter) ist die Taurocholsäure am reichlichsten vertreten, bei anderen (Schwein, Rind) die Glycocholsäure.

a) Die Glycocholsäure (von Gmelin zuerst als Cholsäure entdeckt und beschrieben, von Lehmann Glycocholsäure genannt), $C_{26} H_{43} NO_6$, zerfällt durch Kochen mit Kalilauge oder Barytwasser oder mit verdünnten Mineralsäuren unter Aufnahme von H_2O in:

Glycin (= Glycocoll = Leimzucker = Amidoessigsäure)	$= C_2 H_5 NO_2$
und Cholalsäure (auch Cholsäure genannt)	$= C_{24} H_{40} O_5$
= Glycocholsäure + Wasser	$= C_{26} H_{43} NO_6 + H_2O$ (Strecker, 1848).

b) Die Taurocholsäure (von Strecker zuerst als Choleinsäure entdeckt und beschrieben), $C_{26} H_{45} NSO_7$, zerfällt bei gleicher Behandlung unter Aufnahme von H_2O in:

Taurin (= Amidoaethyl-Schwefelsäure)	$= C_2 H_7 NSO_3$
und Cholalsäure	$= C_{24} H_{40} O_5$
= Taurocholsäure + Wasser	$= C_{26} H_{45} NSO_7 + H_2O$ (Strecker).

Darstellung. Darstellung der Gallensäuren: Die Galle wird auf 1/4 ihres Volumens eingedampft, mit überschüssiger Thierkohle zu einem steifen Brei verrieben und bei 100° getrocknet. Die schwarze Masse wird mit absolutem Alkohol ausgezogen, den man völlig klar abfiltrirt. Nachdem man einen Theil des Alkohols durch Destilliren entfernt hat, schlägt in Ueberschuss hinzugesetzter Aether die gallensauren Salze anfangs harzartig nieder, die alsbald in eine Krystallmasse glänzender Nadeln übergehen (Platner's „krystallisirte Galle"). Die so gewonnenen Alkalisalze der Gallensäuren sind leicht in Wasser oder Alkohol löslich, unlöslich in Aether. — Aus der Auflösung der beiden Salze schlägt neutrales essigsaures Blei die Glycocholsäure nieder (als glycocholsaures Blei); letzteres wird auf dem Filter gesammelt, in heissem Alkohol gelöst, durch H_2S wird Schwefelblei niedergeschlagen; — nach Entfernung des Niederschlages bewirkt Wasserzusatz das Ausfallen der isolirten Glycocholsäure. — Wird nach Ausfällung des glycocholsauren Bleies das obige Filtrat mit basisch essigsaurem Blei versetzt, so bildet sich ein

Niederschlag von taurocholsaurem Blei, aus dem weiterhin in analoger Behandlung die freie Säure gewonnen wird (Strecker). — (Das Glycin und das Taurin sind künstlich dargestellt worden.)

Zersetzungsproducte der Gallensäuren. Von den Zersetzungsproducten der Gallensäuren kommt das Glycin als solches nicht im Körper vor, sondern nur in der Galle in Verbindung mit Cholalsäure, — im Harn in Verbindung mit Benzoësäure als Hippursäure, — endlich im Leim in complicirter Bindung.

Die Cholalsäure ist rechtsdrehend, in ihrer chemischen Constitution unbekannt (vielleicht ist sie als Benzoesäure zu betrachten, in welche ein der Oelsäure ähnlicher Atomencomplex eingefügt ist; Hoppe-Seyler). Frei kommt sie nur im Darme vor, wo sie von Taurocholsäure abgespalten wird und zum Theil in die Faeces übergeht. Sie ist unlöslich in Wasser, löslich in Alkohol. In Aether ist sie schwer löslich und scheidet sich daraus in Prismen ab. Ihre krystallinischen Alkalisalze sind leicht seifenartig in Wasser löslich.

Die Cholalsäure wird in der Galle mancher Thiere ersetzt durch eine verwandte Säure, z. B. in der Schweinsgalle durch die Hyo-Cholalsäure (Strecker, Gundlach); in der Gänsegalle ist die Cheno-Cholalsäure vorhanden (Marsson, Otto).

Durch Kochen mit concentrirter Salzsäure oder trocken erhitzt auf 200° wird die Cholalsäure zum Anhydrit, nämlich:

Cholalsäure $= C_{24} H_{40} O_5$ liefert:
Choloidinsäure $= C_{24} H_{38} O_4 + H_2O$ und dieses sodann wieder:
Dyslysin $= C_{24} H_{36} O_3 + H_2O$.

(Die Choloidinsäure ist jedoch nicht unwahrscheinlich nur ein Gemenge von Cholalsäure und Dyslysin; das Dyslysin lässt sich mit Aetzkali geschmolzen zu cholalsaurem Kali zurückführen; Hoppe-Seyler.)

Pettenkofer'sche Gallensäuren-Probe. Die Pettenkofer'sche Probe. Die Gallensäuren, die Cholalsäuren und ihre Anhydrite geben gelöst oder zertheilt in Wasser auf Zusatz von wenig Rohrzucker und concentrirter Schwefelsäure (tropfenweise, wobei die Flüssigkeit nicht über 70° sich erhitzen darf) purpurrothe durchsichtige Farbe, die bei E und F zwei Absorptionsstreifen im Spectrum zeigt (Schenk).

Will man eine Flüssigkeit auf Gallensäuregehalt untersuchen, so muss stets vorher das Eiweiss aus derselben entfernt werden. Denn letzteres zeigt eine ähnliche Reaction wie jene. Doch ist die rothe Lösung hier nur durch einen Absorptionsstreifen ausgezeichnet. Sind nur geringe Mengen von Gallensäuren vorhanden, so muss die Flüssigkeit zuerst durch Eindampfen eingeengt werden.

Unter der Einwirkung oxydirender Vorgänge beim Sonnenlichte entstehen aus den Gallensäuren zahlreiche farbige Substanzen fast der ganzen Farbenscala. Vielleicht findet etwas Aehnliches im Organismus statt; dann würden die Pigmente der Thiere von den Gallensäuren abzuleiten sein (Casali).

Muthmassliche Bildung der Gallensäuren. Die Entstehung der Gallensäuren geht in der Leber vor sich, da die Exstirpation der Leber keine Anhäufung von Gallenstoffen im Blute zur Folge hat (Joh. Müller, Kunde, Moleschott).

Wie im Einzelnen die Bildung der Gallensäuren erfolgt, ist völlig unbekannt. Carl Schmidt hat darauf aufmerksam gemacht, dass die Cholalsäure

und daneben Zucker, vielleicht aus Fett sich bilden könne. Das neutrale Fett zerlegt sich zuerst in fette Säure und Glycerin. Aus dem Glycerin kann entstehen:

$$2\,(C_3\,H_8\,O_3) - H_2O = C_6\,H_{14}\,O_5.$$
Glycerin — Wasser

Wird in diesem Product 2 H durch O ersetzt, so entsteht $C_6\,H_{12}\,O_6$ = Zucker.

Die fette Säure müsste sich so zerlegen: Aus ihr müssten 8 H austreten und 3 O eintreten, nämlich $C_{24}\,H_{48}\,O_2 - 8\,H + 3\,O = C_{24}\,H_{40}\,O_5$ (Cholalsäure). Auch den Umstand, dass die Cholalsäure (mit Salpetersäure) ähnliche Zersetzungsproducte liefert, wie die Oelsäure (Lehmann), — ferner die Armuth des Blutes der Lebervenen an Fett, hat man für die Verwendung von Fett zur Bildung der Cholalsäure herangezogen.

Das nöthige Glycin lässt C. Schmidt aus den leimgebenden Substanzen der Hüllen des Fettgewebes hervorgehen. Uebrigens werden die Cholalsäure einerseits und das Glycin und Taurin andererseits gesondert für sich entstehen und später zusammentreten. Hiefür spricht, dass das Glycin mit eingenommener Benzoësäure zu Glycin-Benzoësäure = Hippursäure wird (siehe Harn).

Glycin und Taurin entstehen wahrscheinlich aus Albuminaten, vielleicht sind es N-haltige Spaltungscomplexe derselben; das Taurin enthält noch dazu den S des Eiweisses. Vielleicht betheiligt sich an ihrer Bildung das Stroma der in der Leber aufgelösten rothen Blutkörperchen.

Gallenfarbstoffe.

3. Die Gallenfarbstoffe. Die frisch secernirte Menschengalle und mancher Thiere hat eine gelbbraune Farbe, herrührend von Bilirubin (Städeler). Bei längerem Verweilen in der Blase, oder beim Stehen alkalischer Galle an der Luft verwandelt sich das Bilirubin durch O-Aufnahme in einen grünen Farbstoff, das Biliverdin. Dieser ist in der Galle der Pflanzenfresser und der Kaltblüter von vornherein vorwiegend.

Bilirubin.

a) Das Bilirubin, $C_{32}\,H_{36}\,N_4\,O_6$ nach Städeler und Maly (auch Biliphaeïn, Bilifulvin, Cholepyrrhin genannt), krystallisirt in durchsichtigen, fuchsrothen, klinorhombischen Prismen. Es ist unlöslich im Wasser, löslich in Chloroform, durch welches es von dem darin unlöslichen Biliverdin getrennt werden kann. Mit Alkalien verbindet es sich als einbasische Säure und ist so löslich. Es ist identisch mit dem Hämatoidin Virchow's (siehe 25, pag. 45).

Darstellung.

Man stellt es am leichtesten aus rothen (Bilirubin-Kalk-) Gallensteinen vom Menschen oder Rind dar, die zerrieben werden und deren Kalk mit etwas Salzsäure gelöst wird: Schütteln mit Chloroform lässt dann das Bilirubin aufnehmen. — Die Abstammung des Bilirubin vom Blutfarbstoff ist wegen seiner Identität mit Hämatoidin nicht zu bezweifeln. Wahrscheinlich werden in der Leber rothe Blutkörperchen aufgelöst, deren Haemoglobin in Bilirubin umgewandelt wird.

Biliverdin.

b) Das Biliverdin (Heintz), $C_{32}\,H_{36}\,N_4\,O_8$, ist eine einfache Oxydationsstufe des vorigen, aus welchem es auch durch verschiedene oxydirende Processe gewonnen werden kann. Es ist in Alkohol sehr gut, in Aether sehr schwer, in Chloroform gar nicht löslich. Es findet sich in grosser Menge auf der Placenta des Hundes. Es ist bis jetzt nicht gelungen, dasselbe durch reducirende Stoffe in Bilirubin zurück zu reduciren.

Gmelin-Heintz'sche Gallenfarbstoffprobe. Bilirubin und Biliverdin, die ausser in der Galle des Menschen sich mitunter auch in anderen Flüssigkeiten, zumal im Harne, finden, werden nachgewiesen durch die Gmelin-Heintz'sche Probe. Setzt man der sie enthaltenden Flüssigkeit Salpetersäure mit etwas salpetriger Säure zu (man lässt sie in einem Spitzglase ohne zu schütteln vorsichtig vom Rande aus am Glase entlang einlaufen), so entstehen der Reihe nach Grün (Biliverdin) — Blau — Violett — Roth — Gelb.

c) Stumpft man im Momente der blauen Färbung zur Verhinderung weiterer Oxydation die Säure ab, so bleibt das Umwandelungsproduct beständig. Es ist das Bilicyanin (Heynsius, Campbell) in saurer Lösung blau (in alkalischer violett) gefärbt, welches zwei wenig begrenzte Absorptionsbänder bei D zeigt (Jaffé).

d) In Gallensteinen und fauler Galle ist noch in geringen Mengen gefunden Bilifuscin = Bilirubin + H_2O.

e) Ebendort auch das Biliprasin (Städeler) = Bilirubin + H_2O + O.

f) Der durch die dauernde oxydirende Einwirkung des Salpetersäuregemisches auf alle Gallenfarbstoffe schliesslich erhaltene gelbe Farbstoff ist das Choletelin (C_{16} H_{18} N_2 O_6) von Maly, amorph; in Wasser, Alkohol, Säuren und Alkalien löslich, welches in saurer Lösung ein Absorptionsband bei b F zeigt.

Hydrobilirubin. g) Das Bilirubin geht unter Aufnahme von H + H_2O (durch Fäulniss, oder durch Behandlung alkalisch wässeriger Lösung mit dem stark reducirenden Natriumamalgam) in Maly's Hydrobilirubin, C_{32} H_{44} N_4 O_7, über (in Wasser nur wenig, leichter in Salzlösungen oder Alkalien, Alkohol, Aether, Chloroform löslich), welches ein Absorptionsband bei b F zeigt. Dieser Körper ist ein constanter Farbstoff der Faeces (den Vaulair und Masius Stercobilin nennen, der aber mit Hydrobilirubin identisch ist; Maly). Auch ist er wahrscheinlich mit dem Harnfarbstoffe Urobilin von Jaffé identisch (Stokvis). Cazeneuve findet bei allen Krankheiten, die mit vermehrtem Untergang von rothen Blutkörperchen einhergehen, vermehrte Ausscheidung von Urobilin.

Cholesterin. 4. Das Cholesterin, C_{26} H_{43} (O H), ein in seiner Constitution noch unerkannter, linksdrehender Alkohol (auch im Blute, im Dotter und in den Nerven gefunden), bildet glashelle rhombische Tafeln. Es ist unlöslich in Wasser, löslich in heissem Alkohol, in Aether und in Chloroform. Innerhalb der Galle wird es durch die gallensauren Salze in Lösung erhalten.

Darstellung. Am einfachsten wird es aus sogenannten „weissen" Gallensteinen dargestellt (die nicht selten grossentheils aus fast reinem Cholesterin bestehen) durch Kochen der zerriebenen mit Alkohol. Die sich bei Verdunstung des Alkohols abscheidenden Krystalle färben sich mit Schwefelsäure (5 Vol. zu 1 Vol. Wasser) vom Rande aus roth (Moleschott), — durch Schwefelsäure und Jod (wie Cellulose) blau. In Chloroform gelöst, bewirkt 1 Tropfen concentrirter Schwefelsäure tief rothe Färbung (H. Schiff).

Andere organische Bestände. 5. Unter die sonstigen organischen Substanzen der Galle sind zu rechnen: Lecithin (vgl. pag. 46) oder dessen Zersetzungsproducte Neurin (sive Cholin) und Glycerinphosphorsäure (in

welche künstlich Lecithin durch Kochen mit Baryt zerlegt wird); — Palmitin, Stearin, Olein, sowie deren Natronseifen; — diastatisches Ferment (Jacobsohn, v. Wittich); — Spuren von Harnstoff; — (in der Rindsgalle Essigsäure und Propionsäure verbunden mit Glycerin und Metallen, Dogiel).

6. Anorganische Bestandtheile der Galle (0,6 bis 1%) sind Kochsalz, Chlorkalium; phosphorsaurer Kalk, — Magnesia und reichlich Eisen. — Die frisch abgesonderte Galle enthält 40 Vol.-Procente CO_2, theils absorbirte, theils gebundene, die jedoch innerhalb der Blase fast völlig resorbirt wird (Pflüger, Bogolubow).

Asche.

Die mittlere Zusammensetzung der menschlichen Galle ist: Wasser 82—90%, — gallensaure Salze 6—11%; — Fette und Seifen 2%; — Cholesterin 0,4%; — Lecithin 0,5%; — Mucin 1—3%; — Asche 0,6—1%. Uebrigens geht wahrscheinlich nicht verändertes Fett stets in die Galle über, wird aber später wieder daraus resorbirt (Virchow).

Quantitative Zusammensetzung der Galle.

180. Absonderung der Galle.

1. Die Absonderung der Galle ist keine blosse Filtration bereits fertiger Stoffe aus dem Blute durch die Leber, sondern eine chemische Production der charakteristischen Gallenstoffe in den Leberzellen, denen das Blut der Drüse nur das Rohmaterial gibt. Sie findet continuirlich statt; hierbei wird sie theilweise zunächst in der Blase aufgespeichert und zur Zeit der Verdauung reichlicher ergossen: 6—8 Stunden nach der Mahlzeit, mit dem völligen Uebertritt der Ingesta in das Duodenum (Kölliker, H. Müller, Béchamp).

Ununterbrochene Secretion.

2. Die Menge der Galle bestimmte v. Wittich an einer Gallenfistel auf 533 Ccmtr. in 24 Stunden (etwas Galle floss in den Darm), Joh. Ranke an einer Gallengang-Lungenfistel auf 652 Ccmtr. Aus letzterem Werth stellte er für 1 Kilo Mensch 14 Gr. (mit 0,44 Gr. festen Stoffen) für 24 Stunden fest.

Menge.

Analoge Werthe für Thiere sind: 1 Kilo Hund 32 Gr. (1,2 feste Stoffe) Kölliker, H. Müller; — 1 Kilo Kaninchen 137 Gr. (2,5 feste Stoffe) Bidder & Schmidt; — 1 Kilo Meerschweinchen 176 Gr. (5,2 feste Stoffe) Bidder & Schmidt.

3. Der Einfluss der Nahrung ist sehr auffallend. Die reichste Secretion zeigt sich nach Fleischgenuss mit einigem Fettzusatz; — geringere nach Pflanzennahrung; — sehr geringe bei purem Fettgenuss; — im Hungerzustande sistirt sie. Wassertrinken vermehrt die Menge unter gleichzeitiger relativer Verminderung der festen Bestandtheile.

Nahrungseinfluss.

4. Der Einfluss der Blutbewegung ist von verschiedenem Einfluss.

Einfluss der Circulation.

a) Gleichzeitige Unterbindung der Leberarterie (Durchmesser $5^1/_2$ Mm.) und zugleich der Pfortader (Durchmesser 16 Mm.) vernichtet die Gallenabsonderung (Röhrig). Beide zusammen liefern das Rohmaterial zur Gallenbildung.

b) Wird die Leberarterie unterbunden, so findet in den Acinis nur im centralen Bezirke Gallensecretion statt. Nach Cohnheim und Litten soll weiterhin die Unterbindung der Arterie oder eines Astes derselben die Nekrose der versorgten Theile, event. der ganzen Leber zur Folge haben.

c) Wird hingegen die Pfortader unterbunden, so ist die Absonderung nur in den Rindenbezirken vorhanden. Dieses wichtige Ergebniss fanden Chrzonszczewski und Kühne durch Einspritzung von Indigocarmin in die Vena jugularis, welches in die Galle übergeht und hierbei die Gallencapillaren blau färbt. Sie trafen also bei b nur die centralen, bei c die peripheren Gallencapillaren gefärbt.

Es hat also somit weder die alleinige Unterbindung der Leberarterie (Schiff, Betz), noch auch die alleinige allmälige Obliteration (Oré) der Vena portarum Sistirung der Absonderung zur Folge. Es tritt nur Verminderung ein. Die Beobachtung, dass nach plötzlicher Ligatur der Pfortader die Absonderung stockt, ist so zu erklären, dass neben der Verminderung der Absonderung noch dazu die enorme Blutanstauung in den Unterleibsorganen nach dieser Operation die Leber sehr blutarm, also zur Secretion ungeeignet macht.

d) Wird direct das Blut der Leberarterie in die Bahn der (peripherisch unterbundenen) geöffneten Pfortader geleitet, so dauert die Absonderung fort (Schiff).

e) Profuse Blutverluste machen die Gallenbildung eher aufhören, als die musculösen und nervösen Apparate functionsunfähig werden. Reicher Blutzustrom zu anderen Organen (z. B. zu den Rumpfmuskeln bei starker Arbeit) vermindert die Absonderung. Transfusionen grösserer Blutmengen vermehren stets die Gallenbildung (Landois).

f) Reizung der vasomotorischen Nerven (N. splanchnici) vermindert durch Verengerung der Blutbahnen die Absonderung.

g) In Bezug auf das der Leber zugeführte Rohmaterial zur Gallenbildung durch die Gefässe ist noch bemerkenswerth der Unterschied in der Zusammensetzung des Lebervenen- und des Pfortader-Blutes. Das Lebervenenblut ist etwas reicher an Zucker (?), Lecithin, Cholesterin (Drosdoff) und an Blutkörperchen, hingegen ärmer an Eiweiss, Faserstoff, Blutfarbstoff, Fett, Wasser und Salzen.

5. Natürlich wird für die normale Absonderung ein normales Bestehen der Leberzellen gefordert.

Gallenfisteln.

Zur Beobachtung der Absonderung der Galle bei Thieren legt man Gallenfisteln an (Schwann), indem man etwas rechts vom Schwertfortsatz den Fundus der Gallenblase eröffnet und mit Hilfe einer stets offen gehaltenen Canüle in die Bauchwandung einnäht. In der Regel fliesst so alle Galle nach aussen ab. Will man in letzterer Beziehung jedoch völlig sicher gehen, so muss man noch dazu den Ductus choledochus doppelt unterbinden und durchschneiden. — Beim Menschen konnte v. Wittich eine Gallenfistel direct beobachten. — Bei Hunden kann eine Regeneration des zerschnittenen Gallenganges erfolgen.

181. Die Ausscheidung der Galle.

Diese findet statt:

Nachströmen

1. Durch das stetige Nachrücken neuer Gallenmengen von den interlobulären Gängen gegen die Ausführungsgänge hin.

Athmungsdruck.

2. Durch die ununterbrochene periodische Compression der Leber von oben her durch das Zwerchfell bei jeder Inspiration gegen die unterliegenden Eingeweide. Ob auf diese Weise die nach bilateraler Vagusdurchschneidung auftretende Verminderung der Gallenabsonderung zu erklären ist, als auf der Verminderung dieses Beförderungsmittels (der Athemzüge)

beruhend, ist möglich. Doch ist zu bedenken, dass der N. vagus Aeste zum Plexus hepaticus entsendet. Ob auch die Gallenausscheidung vermindert wird nach Lähmung der Nn. phrenici und der Bauchpresse, ist unentschieden.

Glatte Muskeln der Gänge.

3. Durch die Zusammenziehung der glatten Muskelfasern der grossen Gallengänge und der Gallenblase wird das Secret weiter befördert. Reizung des Rückenmarkes, aus welchem die motorischen Nerven hervorgehen, bewirkt daher Beschleunigung des Abflusses, der späterhin eine Verlangsamung folgt (Heidenhain, Munk). Unter normalen Verhältnissen scheint diese Anregung zu erfolgen durch einen reflectorischen Act, hervorgerufen durch den Eintritt der Ingesta in das Duodenum, gleichzeitig mit Anregung der Bewegung dieses Darmtheiles.

Nervenwirkung.

4. Directe Reizung der Leber (Pflüger) und reflectorische des Rückenmarkes (Röhrig) verlangsamt die Ausscheidung. Dahingegen hatte Ausrottung des Plexus hepaticus (Pflüger) wie auch Verletzung des Bodens der Rautengrube (Heidenhain) keinen störenden Einfluss.

Gallenstauung.

5. Ein Anstauen von Galle erfolgt in den Gallenwegen schon nach relativ geringen Widerständen.

Beim Meerschweinchen hielt ein in die Gallenblase eingebundenes Manometer einer Wassersäule von über 200 Mm. das Gleichgewicht; bis zu diesem Drucke erfolgte also die Absonderung (Heidenhain, Friedländer, Barisch). Wurde dieser Druck erhöht oder übermässig lange angehalten, so erfolgte eine Aufnahme des galligen Wassers von Seiten der Leber in das Blut bis gegen das Vierfache des Lebergewichtes, wobei zugleich Auflösung rother Blutkörperchen durch die resorbirte Galle und Uebertritt von Hämoglobin in den Harn entstand.

182. Zurückaufsaugung der Galle;

Erscheinungen der Gelbsucht (Icterus; Cholämie).

Wenn sich dem Ausflusse der Galle in den Darm ein Hinderniss entgegenstellt, (z. B. ein Schleimpropf oder ein Gallenstein, der den Ductus choledochus verstopft, oder ein Tumor oder Druck von aussen, der ihn unwegsam macht), so füllen sich die Gallengänge beträchtlich an und bewirken durch ihr Strotzen eine Anschwellung der Leber. Hierbei steigt natürlich der Druck in den Gallengängen. Sobald dieser — was bei fortdauernder Gallenbildung alsbald geschehen muss — einen gewissen Höhepunkt erreicht hat (bei Meerschweinchen über 200 Mm. Wassersäule), findet von den prallgefüllten dünnen Gallenröhrchen eine Rückwärtsaufnahme der Galle in die Blut- und Lymphgefässe der Leber statt (Saunders 1795). Auch wenn innerhalb der Pfortader der Druck abnorm gering ist, kann (ohne Gallengangverstopfung) Galle in das Blut übertreten. Dies ist der Fall bei Icterus neonatorum, da in die Vena portarum nach der Abnabelung kein Blut der Nabelvene mehr einströmt, — ferner bei dem im Hungerzustande beobachteten „Hungericterus“, da im Inanitionsstadium das Pfortadergebiet wegen mangelnder Resorption vom Darme aus relativ leer ist (Cl. Bernard, Voit, Naunyn). Die Cholämie ist von einer Reihe charakteristischer Erscheinungen begleitet.

1. Gallenfarbstoffe und Gallensäuren treten in die Gewebe des Körpers: die äusserlich auffallendste Erscheinung (daher auch Gelbsucht genannt).

Die äussere Haut, namentlich die Sclera nehmen exquisit gelbe Färbung an. Bei Schwangeren färbt sich auch die Frucht.

2. Gallensäuren und Gallenfarbstoffe treten in den Urin (nicht in Speichel, Thränen oder Schleim) über, und werden hier durch die bekannten Proben nachgewiesen. Hochgradiger Farbstoffgehalt macht den Urin tief gelbbraun, sein Schaum ist exquisit citronengelb; eingetauchte Papier- oder Leinenstreifen färben sich ebenso.

3. Die Faeces werden lehmfarbig (weil der aus Gallenfarbstoff abstammende Fäcalfarbstoff, das Hydrobilirubin, fehlt), sehr hart (weil der verdünnende Saft der Galle nicht in den Darm gelangt), fettreich (weil die Fette ohne Galle im Darme nicht genügend verdaut werden) und sehr stinkend (weil unter normalen Verhältnissen die in den Darm ergossene Galle die faulige Zersetzung des Darminhaltes wesentlich einschränkt. Die Kothentleerung erfolgt träge, theils wegen der Härte der Faeces, theils wegen Fehlens der die peristaltischen Bewegungen anregenden Galle im Darme.

4. Der Herzschlag wird bedeutend, bis gegen 40 Schläge in 1 Minute, herabgesetzt. Diese Wirkung rührt her von den gallensauren Salzen, welche die Ganglienzellen zuerst reizen, dann schwächen. Einspritzung von gallensauren Salzen in das Herz bewirkt daher zuerst kurz vorübergehende Vermehrung der Herzschläge (Landois), darauf Verlangsamung (Röhrig). Dasselbe erfolgt, wenn man diese Substanzen direct in das Blut einspritzt, doch tritt hier das kurze anregende Stadium sehr zurück. Durchschneidung der Vagi hat keinen Einfluss auf diese Erscheinung. Vielleicht wirken die gallensauren Salze bei längerer Dauer auch schwächend auf den Herzmuskel selbst (Traube). Neben der Einwirkung auf das Herz zeigt sich Verlangsamung der Athmung und Abfall der Temperatur.

5. Eine Einwirkung auf das Nervensystem, entweder durch die gallensauren Salze, oder durch angehäuftes Cholesterin im Blute (Flint, K. Müller), vielleicht auch auf die Muskeln zeigt sich in der grossen allgemeinen Abspannung, Müdigkeit, Schwäche und Schlafsucht, endlich tiefem Coma, — mitunter in Schlaflosigkeit, Hautjucken, selbst Tobsucht und Krämpfen.

6. Bei hochgradigem Icterus entsteht Gelbsehen (Lucretius Carus) wegen einer Imprägnation der Netzhaut und der Macula lutea mit gelbem Gallenfarbstoff.

7. Die im Blute weilenden Gallensäuren lösen hier rothe Blutkörperchen auf. Der Blutfarbstoff verwandelt sich hierbei zu neuem Gallenfarbstoff, während der Globulinkörper des Hämoglobins in den Nierencanälchen Harncylinder bilden kann (Nothnagel), die weiterhin in den Harn geschwemmt werden.

Die Gelbsucht, wie sie in diesen ihren Erscheinungen geschildert ist, wird auch hepatogener oder Resorptions-Icterus genannt, weil er entsteht durch Aufsaugung bereits gebildeter Galle in der Leber.

Hämatogener Icterus.

Völlig verschieden von diesem Resorptionsicterus ist der sogenannte hämatogene Icterus. Er entsteht lediglich dadurch, dass sich im Körper aus Blutfarbstoff Gallenfarbstoff bildet, der die Gewebe gelb tingirt. Hierbei kommen also Gallensäuren nicht in das Blut, die Function der Leber und der Gallenabsonderung kann dabei völlig normal sein.

Es bildet sich häufig Gallenfarbstoff aus Blutfarbstoff dann, wenn Blutfarbstoff aus aufgelösten rothen Blutkörperchen in der Blutbahn frei wird. Also wirken Auflösungen letzterer durch Injection von Gallensäuren in die Gefässe (Frerichs) und von anderen Säuren, wie Phosphorsäure, von Wasser (Herrmann) und Chloral; Inhalationen von Chloroform und Aether (Nothnagel, Bernstein). Ferner wirken so die Einspritzung von gelöstem Hämoglobin in die Adern (Kühne), oder in die Schlingen des Dünndarms (Naunyn).

Wenn es nach Transfusion von heterogenem Blute zur Auflösung von Blutzellen kommt, ist Icterus eine sehr häufige Erscheinung (Landois). Auch bei Krankheiten, die unter Blutzersetzung verlaufen, wie Eiterfieber, kommt hämatogener Icterus nicht selten vor.

Aus dem oben Mitgetheilten geht hervor, dass der Resorptionsicterus rein wohl höchst selten vorkommen mag, vielmehr wird er vielfältig eine hämatogene Verstärkung erfahren.

In die Galle gehen verschiedene Substanzen, welche die Blutbahn passiren, leicht über: namentlich die Metalle (Orfila) Kupfer, Blei, Arsenik, Antimon; diese Stoffe werden auch im Lebergewebe deponirt. Ferner gehen über Jodkalium und Terpentinöl; — weniger leicht Rohrzucker und Traubenzucker. Wird eine sehr grosse Menge Wassers in das Blut injicirt, so wird die Galle eiweisshaltig (Mosler). Quecksilber-Chlorür oder -Chlorid bewirken nur grösseren Wassergehalt der Galle (G. Scott). Einige Stoffe befördern die Absonderung der Galle, so die abführenden Mittel (Röhrig) Aloë, Podophyllum, Senna, Rheum, Gummigutti, — ferner Colchicum, Scammonium, Taraxacum, Nicotin, Hyoscyamin (Schiff), Natriumsulphat, Kaliumsulphat, Kaliumphosphat (Rutherford, Vignal). Vermindernd auf die Gallensecretion wirkt Natriumcarbonat.

Uebergang von Stoffen in die Galle.

Flint hat der Ausscheidung des Cholesterins durch die Galle eine grosse Bedeutung für die nothwendigen Stoffumsetzungen im Nervensystem zugeschrieben. Das Cholesterin als normaler Bestandtheil der Nerven soll nämlich durch die Galle zur Ausscheidung gelangen. Eine Retention soll als „Cholesterämie" schwere Nervensymptome veranlassen. Doch ist diese Angabe noch problematisch, die geschilderten Symptome beziehen sich wohl zweifellos auch auf die Retention der Gallensäuren.

Cholesterin-Retention.

183. Wirkung der Galle.

A) Die Galle hat einen wesentlichen Antheil an der Resorption der Fette.

1. Sie macht aus den neutralen Fetten eine feinkörnige Emulsion, wodurch die Fettkörnchen, ausser zu weiterer Zerlegung, noch besonders befähigt werden, durch die (? Poren der Deckelmembranen der) Cylinderepithelien des Dünndarmes hindurch zu treten. Eine weitere Zerlegung der neutralen Fette in Glycerin und fette Säuren (wie der Pancreas-Saft) bewirkt sie nicht.

Emulsionbildung.

Wenn hingegen bereits vorhandene fette Säuren sich mit der Galle vermischen, so werden die gallensauren Salze zerlegt, die Gallensäuren werden frei und es bildet das Alkali (Natron) der zerlegten gallensauren Salze mit den Fettsäuren leicht lösliche Seifen. Letztere vermögen nun ihrerseits die emulgirende Kraft der Galle entschieden zu erhöhen. Die Galle vermag aber auch selbst fette Säuren zu einer sauren Flüssigkeit direct zu lösen, die sehr energisch emulsionirend wirkt (Steiner).

2. Da eine Benetzung der Wände capillarer Röhrchen mit Galle Fett durch dieselben leichter hindurchfliessen lässt, so wird auf ein leichtes Durchpassiren der Fette durch die mit Galle getränkten Poren der resorbirenden Darmwand zu schliessen sein.

Beförderung des Durchtrittes der Fette.

3. Durch eine mit Galle oder gallensauren Salzen getränkte Membran geschieht die Filtration von Fett bei geringerem Drucke, als durch eine lediglich mit Wasser oder Salzlösungen getränkte Haut (v. Wistinghausen).

4. Da die Galle als eine seifenähnliche Lösung eine gewisse Verwandtschaft sowohl zu wässerigen Flüssigkeiten, als auch zu Fetten besitzt, so kann sie eine Diffusion zwischen diesen beiden zulassen, indem durch beide Fluida eine Imbibition der Membran stattfinden kann (v. Wistinghausen).

Abmagerung nach Gallenverlusten.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, dass die Galle für die Verarbeitung und Aufnahme der Fette von grosser Wichtigkeit ist. Dies ergibt sich dementsprechend auch schlagend durch Versuche an Thieren, bei denen man die Galle durch eine Fistel völlig nach Aussen entleert hat. Solche Hunde resorbirten nämlich von dem im Futter gereichten Fett nur den $\frac{1}{2,5}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{7}$. Theil. Der Chylus solcher Thiere ist demzufolge sehr fettarm, nicht weiss, sondern durchsichtig; — die Excremente jedoch sind um so fettreicher und schmierig. Die Gewebe des Körpers zeigen auch eine grosse Fettarmuth, selbst dann, wenn die Ernährung der Thiere im Allgemeinen keineswegs gelitten hat. — Bei Menschen, die an Störungen der Gallenabsonderung oder an Leberleiden erkranken, ist aus diesem Grunde von einer reichen Fettverwendung in den Nahrungsmitteln abzustehen.

Diastatische Wirkung.

B) Die Galle enthält diastatisches Ferment, wodurch Stärke in Zucker umgewandelt wird (Jacobsohn, v. Wittich).

Bewegungsanregende Wirkung.

C) Die Galle wirkt anregend auf die Musculatur des Darmes und trägt auch somit zur Resorption überhaupt bei.

1. Sie bewirkt vielleicht durch ihre als Reizmittel wirkenden Gallensäuren, dass die Muskeln der Zotten sich von Zeit zu Zeit contrahiren, wodurch dieselben den Inhalt ihrer Lymphräume nach den grösseren Lymphstämmen hin entleeren, und so im Stande sind, wieder neue Mengen zu resorbiren (Schiff).

2. Auch die Musculatur der Darmwandungen selbst scheint eine Anregung zu erfahren, wahrscheinlich durch Vermittelung des Plexus myentericus. Hierfür spricht, dass bei Gallenfistelthieren und bei Verstopfung der Gallenwege die Darmperistaltik sehr darniederliegt, — sowie dass gallensaure Salze, per os verabreicht, Durchfall und Erbrechen bewirken (Leyden, Schülein). Da aber die Darmcontractionen zur Resorption beitragen, so ist auch in dieser Beziehung die Galle zur Aufnahme der gelösten Nährstoffe thätig.

Durchfeuchtung der Ingesta.

D) Die Galle befeuchtet die Darmwandungen durch ihre reichliche Ergiessung. Sie bewirkt daher für die Faeces einen normalen Wassergehalt, so dass sie leicht entleert werden können. Gallenfistelthiere und Menschen mit verstopften Gallenwegen sind sehr hartleibig. Ueberdies bewirkt der schlüpfrige Schleim der Galle ein leichteres Fortrücken der Ingesta durch das Darmrohr.

Fäulnisswidrige Wirkung.

E) Die Galle schränkt die faulige Zersetzung des Darminhaltes ein.

Wirkung auf Peptone.

F) Beim Eintritt der stark sauer reagirenden Massen des Mageninhaltes in das Duodenum wird die Glycocholsäure durch die Magensäure gefällt und reisst das Pepsin mit nieder (Burkart); es findet ferner sofort Fällung der Peptone durch die frei gewordenen Gallensäuren statt (Brücke, Schiff) (durch die Magensäure werden die gallensauren Salze zerlegt). Wird nun aber durch den pancreatischen Saft und das Alkali der aus den gallensauren Salzen abgespaltenen Basen das Gemisch wieder alkalisch, so wird der Niederschlag der Peptone wieder aufgelöst (Moleschott), und bei dieser alkalischen Reaction treten nun die Pancreasfermente energisch in Action.

Wenn Galle, etwa beim Erbrechen, in den Magen tritt, so verbindet sich die Säure des Magensaftes mit den Basen der gallensauren Salze. Es entstehen also vorwiegend Chlornatrium und freie Gallensäuren. Dabei wird die saure Reaction abgestumpft. Die Gallensäuren sind als Säuren (statt der nun gebundenen Salzsäure) nicht wirksam für die Magenverdauung. Zugleich wird das Pepton von ihnen niedergeschlagen; die Neutralisation bewirkt auch Fällung des Pepsins und Mucins. Sobald jedoch die Wandung des Magens neue Säure absondert, geht das Pepsin wieder in Lösung. Die in den Magen eintretende Galle wirkt auch dadurch störend anf die Magenverdauung, dass sie die Albuminate stark schrumpft, welche nur bei Quellung peptonisirt werden können.

Galliges Erbrechen.

184. Endliches Schicksal der Galle im Darmcanal.

Von den Gallenbestandtheilen werden einige mit den Excrementen völlig entfernt, andere wiederum von den Darmwandungen resorbirt.

1. Das Mucin geht ganz und gar unverändert in die Excremente über.

Schleim.

2. Die Gallenfarbstoffe werden stark reducirt und theils als Hydrobilirubin mit den Faeces entleert (pg. 320 g.). Das identische Endproduct Urobilin verlässt den Körper durch den Harn.

Farbstoffe.

Im Meconium fehlt das Hydrobilirubin, dagegen findet sich Bilirubin und Biliverdin (Zweifel) neben einem unbekannten rothen Oxydationsproducte derselben. Es gehen daher im Fötusdarme keine Reductions-, sondern Oxydationsprocesse vor sich (Hoppe-Seyler).

3. Cholesterin wird gleichfalls mit die Fäeces entleert.

Cholesterin.

4. Die Gallensäuren werden zum grössten Theile von den Darmwänden wieder resorbirt und im Haushalte des Körpers wieder verwendet. Nur ein geringer Theil Glycocholsäure erscheint unverwandelt in den Faeces. Die Taurocholsäure wird jedoch im Darm, soweit sie nicht resorbirt wird, durch Fäulnissprocesse leicht in Cholalsäure und Taurin zerlegt; die erstere von diesen wird in den Faeces angetroffen, das Taurin scheint hier mindestens unbeständig zu sein.

Gallensäuren.

Da im Fötaldarm die Fäulnisszersetzungen fehlen, so findet sich auch demgemäss im Meconium unveränderte Taurocholsäure (Zweifel).

Die Anhydritstufe der Cholalsäure, (die künstlich dargestellte Choloidinsäure? und) das Dyslysin ist nur ein Kunstproduct und kommt in den Faeces nicht vor (Hoppe-Seyler).

5. Von Lecithin enthalten die Faeces gewiss nur Spuren (Wegscheider, Bokay).

Da somit der grösste Theil der wichtigsten Gallenbestandtheile, die Gallensäuren, in das Blut zurückgeführt werden, so ist es erklärlich, warum Thiere, denen durch eine Gallenfistel alle Galle verloren geht, (ohne dass sie dieselbe ablecken), ganz bedeutend an Gewicht abnehmen. Es rührt dies einmal von der gestörten Fettverdauung her, dann aber auch von dem directen Verluste der sonst verwertheten Gallensäuren. Sollen sich Hunde dennoch auf gleichem Körpergewicht erhalten, so müssen sie sogar bis gegen das Doppelte ihrer Nahrung verzehren. Hierbei sind ihnen statt Fett Kohlenhydrate, als Ersatz derselben, besonders dienlich. Sind ihre Verdauungswerkzenge nur im Uebrigen

Ernährung bei Gallenverlust.

intact, so können sie bei ihrer meist enormen Gefrässigkeit sogar an Gewicht zunehmen. Aber hierbei vermehrt sich nur ihr Fleisch, nicht ihr Fett.

Die Galle ist zum Theil Auswurfsstoff.

Der Umstand, dass während der ganzen Fötalperiode Galle abgesondert wird, während keiner der anderen Verdauungssäfte sich bildet, gibt einen deutlichen Fingerzeig, dass die Galle entschieden theilweise ein Auswurfsstoff, durch die regressive Stoffmetamorphose erzeugt, ist und so zur stetigen Abscheidung gelangt.

Schickal von Cholalsäure, Glycin, Taurin.

Die Cholalsäure, welche von der Darmwandung resorbirt wird, gelangt in dem Körper wohl schliesslich zur Verbrennung zu CO_2 und H_2O. Das Glycin gibt (neben Hippursäure) zur Bildung von Harnstoff Veranlassung, da nach Eingeben dieser Substanz der Harnstoff sehr zunimmt (Horsford, Schultzen, Nencki). Das Schicksal des Taurins ist nicht bekannt: grössere Mengen dem Magen des Menschen einverleibt, kommen hauptsächlich als Taurocarbaminsäure im Harne wieder zum Vorschein, neben geringer Menge unveränderten Taurins. Subcutan Kaninchen injicirt, erscheint es fast ganz im Harn.

185. Der Darmsaft.

Der Darmsaft (Succus entericus) ist die von den zahlreichen Drüsen der Darmschleimhaut abgesonderte Verdauungsflüssigkeit. Die grösste Menge desselben liefern die Lieberkühn'schen Drüsen; oben im Duodenum wird das spärliche Secret der kleinen traubenförmigen Brunner'schen Drüsen ergossen.

Brunner'sche Drüsen.

Die Brunner'schen Drüsen sind kleine traubenförmige Drüsen; ihre Acini sind länglich, ihre cylindrischen Zellen gleichen denen der Magenschleimdrüsen. Im Ruhezustande und während der Verdauung ändert sich die Gestalt der Secretionszellen.

1. Das Secret der Brunner'schen Drüsen. Der meist körnchenreiche Inhalt der Secretionszellen dieser Drüschen, die beim Menschen nur vereinzelt, beim Schafe jedoch in continuirlicher dicker Schicht am Duodenum angetroffen werden, besteht ausser aus Albuminstoffen aus Mucin und Fermentsubstanz unbekannter Natur. Während des Verdauungsactes sind die Zellen gross und klar. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass diese Drüsen dem Pancreas sehr nahe stehen, vielleicht geradezu als versprengte Pancreasabschnitte zu betrachten sind. Hiermit steht im Einklang das Ergebniss der Untersuchungen über ihre Wirksamkeit. Der mit Wasser bereitete Auszug bewirkt: 1. Auflösung von Albuminstoffen bei Körpertemperatur (Krolow). — 2. Derselbe besitzt ausserdem (?) diastatische Wirkung. — Das Secret scheint auf die Fette unwirksam zu sein; ob es ferner mucinhaltig ist, ist unbekannt. — Es muss besonders daran erinnert werden, dass wegen der Kleinheit der Drüschen, die einzeln mit der Lupe von der unteren Darmschleimhautfläche abgelesen werden müssen, die Verdauungsversuche immer mit grossen Schwierigkeiten zu kämpfen haben.

Die Lieberkühn'schen Drüsen sind einfach schlauchförmige Drüsen, einem Handschuhfinger ähnlich, die dicht neben einander in der Darmschleimhaut, und zwar am reichlichsten in der des Dickdarmes (wegen des Fehlens der Zotten) vorkommen. Sie besitzen eine Membrana propria und eine einschichtige cylindrische Zellenauskleidung, zwischen denen auch Becherzellen vorkommen.

Lieberkühn'sche Drüsen.

2. Das Secret der Lieberkühn'schen Drüsen ist vom Duodenum an abwärts der Hauptbestand des Darmsaftes.

Letzteres Fluidum wird nach Thiry's (1864) Methode in folgender Weise aus einer eigenartig angelegten Darmfistel gewonnen. Aus einer hervorgezogenen Darmschlinge des Hundes wird durch zwei Schnitte ein handlanges Stück so getrennt, dass nur die Continuität des Darmrohres, nicht aber das Mesenterium getrennt wird. Das eine Ende dieser Strecke wird zugebunden, das andere offen in die Bauchwunde eingenäht, — nachdem vorher die Enden des Darmes, zwischen denen die Strecke ausgeschaltet war, durch Nähte sorgfältig wieder vereinigt waren. Auf diese Weise kann das Thier nach gelungener Operation mit seinem nur wenig verkürzten Darme weiterleben. Die blind endende, nach aussen frei mündende Darmfistel aber gibt einen durch kein anderes Verdauungssecret verunreinigten Darmsaft.

Anlegung einer Darmfistel.

Der Darmsaft (solcher Fisteln) fliesst spontan nur spärlich, während der Verdauung reicher; — mechanische und elektrische Reizung vermehren die Absonderung unter Röthung der Schleimhaut, so dass 100 □ Cmtr. in einer Stunde 13 bis 18 Gr. Saft lieferten (Thiry).

Darmsaft.

Der Saft ist hellgelb, opalescirend, dünnflüssig, stark alkalisch, von 1011 specifischem Gewicht, — er enthält Eiweiss und Fermente, hingegen kein (?) Mucin. Seine Zusammensetzung ist: 0,80% Eiweisskörper, — 0,73% andere organische Materie, — Salze 0,88%, darunter 0,32—0,34% Natriumcarbonat, — Wasser 97,59%.

Die verdauende Wirkung des Darmsaftes ist:

Wirkung des Darmsaftes.

1. Er verwandelt Stärkemehl in Dextrin und Traubenzucker (Schiff); — den Dickdarmdrüsen soll diese Fähigkeit abgehen (Eichhorst). Das Ferment ist durch v. Wittich mittelst gewässerten Glycerins extrahirt worden.

2. Fibrin (weniger leicht andere Eiweissstoffe) wird nur langsam [durch Trypsin und Pepsin (Kühne)] gelöst (Thiry, Leube). Wahrscheinlich wird auch Leim durch ein besonderes Ferment in nicht gelatinirende Lösung gebracht (Eichhorst).

3. Die Fette werden emulgirt.

4. Der Rohrzucker wird durch ein besonderes Ferment in Traubenzucker übergeführt (Paschutin).

Von den Einwirkungen der Nerven auf die Absonderung des Darmsaftes ist wenig Sicheres ermittelt. Reizung oder Durchschneidung der Vagi ist ohne evidenten Einfluss. Dahingegen hat eine Exstirpation der grossen sympathischen Unterleibsganglien eine reichliche wässerige Füllung des Darmrohres nebst Durchfall zur Folge (Budge). Dieser Erfolg erklärt sich aus einer Lähmung der vasomotorischen Nerven des Darmtractus und aus der bei der Operation oft erfolgenden Zerschneidung grösserer Lymphgefässe, wodurch die Aufsaugung gestört und die Transsudation durch Stauung im Blutlaufe vermehrt wird.

Nerveneinfluss auf die Darmsaftabsonderung.

Einen ähnlichen Erfolg hat die Ausrottung der zu den Darmschlingen hinlaufenden, die Gefässe begleitenden Nervenfäden (Moreau). Da man diese für eine (doppelt unterbundene) beschränkte Strecke des Darmes allein ausschneiden kann, so zeigt sich der wässerige Darminhalt nur in der zugehörigen Darmschlinge.

Verminderungen der Darm- und Magensecretionen hat man bei Menschen auch unter dem Einflusse verschiedener allgemeiner Nervenleiden (Hysterie. Hypochondrie, verschiedener Geisteskrankheiten) beobachten können. In anderen Fällen sah man hingegen diese Secretionen sehr vermehrt.

Absonderung von Stoffen. Von der Darmschleimhaut isolirter Fisteln werden ausgeschieden (nach Verfütterung) Jod, Brom, Lithium, Rhodanmetall (nicht Kaliumeisencyanür, arsenige Säure, Borsäure) (Quincke).

Darmverdauung beim Säugling. Beim Säugling bildet sich mitunter abnorme Säurebildung, wenn durch Vibrionen (Leube) Milchzucker, resp. Traubenzucker im Darm in Milchsäure zerlegt wird. Auch das in Traubenzucker übergeführte Amylum kann dieselben abnormen Processe durchmachen, daher die Ernährung der Säuglinge durch Amylaceen wenig anzurathen ist.

186. Die Gährungszersetzungen im Darme und die Darmgase.

Völlig verschieden von den geschilderten eigentlichen Verdauungsvorgängen, die durch bestimmte Fermente zur Ausführung kommen, sind diejenigen Umsetzungen, welche als Gährungen oder Fäulnisszersetzungen zu betrachten sind (Hoppe-Seyler). Diese sind geknüpft an das Vorhandensein niederer Organismen, sogenannter Gährungs- oder Fäulniss-Erreger; sie können daher auch ausserhalb des Körpers in passenden Substanzen ihren Ablauf nehmen. Niedere Organismen, welche die Gährungen im Darmtractus unterhalten, werden mit den Speisen und Getränken, sowie mit der Mundflüssigkeit vielfach verschluckt. Mit der Einführung dieser beginnen die Fäulnisszersetzungen und Gährungen unter gleichzeitiger Gasentwickelung.

Darmgase. Während der ganzen Fötalperiode bis zur Geburt kann daher Gährung im Darme nicht vorkommen; es fehlen daher stets die Gase im Darme der Neugeborenen (Breslau). Die ersten Luftblasen gelangen in den Darm durch verschluckten schaumigen Speichel, noch ehe sie Nahrung genommen haben. Da nun aber mit der verschluckten Luft auch Organismenkeime in den Tractus gelangen, so wird auch alsbald eine Gasentwickelung durch Gährung sich anschliessen müssen. Die Entwickelung der Darmgase geht also mit den Gährungen Hand in Hand. Da also zum Theil auch atmosphärische Luft verschluckt wird, und im Darme Gase ausgetauscht werden, so wird sich die Zusammensetzung der Darmgase von verschiedenen Momenten abhängig erweisen.

Kolbe und Ruge sammelten Darmgase aus dem After des Menschen und fanden darin in 100 Volumina Gasgemisch:

Nahrung	CO_2	H	CH_4	N	H_2S
Milch . . .	16,8	43,3	0,9	38,3	Menge unbestimmt.
Fleisch . . .	12,4	2,1	27,5	57,8	
Hülsenfrüchte	21,0	4,0	55,9	18,9	

Ueber die Gasbildung und die Gährungsvorgänge ist im Einzelnen zu bemerken:

1. Bei jeder Nahrungsaufnahme werden Luftblasen mit verschluckt. Der O derselben wird daraus von den Wänden des Tractus schnell resorbirt, so dass im unteren Dickdarm sogar Spuren von O fehlen. Statt dessen gibt aber die Darmwand aus den Gefässen CO_2 in den Darm ab, so dass also ein Theil der CO_2 im Darme durch Diffusion aus dem Blute abstammt.

Bildung von H und CO_2.

2. H und CO_2 werden auch durch Gährung entwickelt aus den Kohlehydraten, soweit diese noch nicht resorbirt worden sind (aus den Amylaceen, den Zuckerarten, dem Inosit). Dies kann bereits im Dünndarm vor sich gehen (Planer). Der Traubenzucker wird durch Gährungserreger (Vibrionen) in Milchsäure und diese wieder in Buttersäure zersetzt unter Bildung saurer Reaction:

1 Traubenzucker $= C_6H_{12}O_6 = 2\,(C_3H_6O_3) =$ 2 Milchsäure

2 $(C_3H_6O_3)$ Milchsäure $= \begin{cases} C_4H_8O_2 \text{ (Buttersäure)} \\ 2\,(CO_2) = \text{(2 Kohlensäure)} \\ 4\;H = \text{(4 Wasserstoff)}. \end{cases}$

Die Fäulniss kann selbst noch unverwandeltes Amylum in Zucker verwandeln und so die ganze Reihe der Zersetzungen einleiten.

Das Glycerin $C_3H_5(OH)_3$, das stets bei der Verdauung der Fette entsteht, kann bei neutraler Reaction durch die Fäulniss ebenfalls in H und CO_2 mit Bernsteinsäure und einem Gemenge fetter Säuren zerlegt werden. Die Fäulniss selbst kann neutrale Fette in Glycerin und fette Säuren zerlegen.

Bildung von Alkohol und Essigsäure.

3. Es kommt auch die Alkoholgährung unter abnormen Verhältnissen im Darmcanal vor (gewöhnlich bei Gegenwart von Hefezellen), indem sich Traubenzucker in Alkohol und CO_2 zerlegt (oder vorher Milchzucker in Traubenzucker) unter gleichzeitiger Bildung von etwas Glycerin und Bernsteinsäure.

1 Milchzucker $C_{12}H_{22}O_{11} =$ 2 Traubenzucker $2\,(C_6H_{12}O_6) - H_2O$ Wasser.
1 Traubenzucker $C_6H_{12}O_6 = 2\,(C_2H_6O)$ Alkohol $+ 2\,(CO_2)$.
Auch kann es zur Bildung von Essigsäure kommen.

Bildung von CH_4.

4. Als Endproducte der Fäulnissgährung N-loser Körper, nachdem der O im Darme verzehrt ist, bilden sich neben H noch Grubengas (CH_4, Methylwasserstoff) und CO_2. Dies findet sich namentlich nach Genuss von Hülsenfrüchten.

Die Essigsäure wird in CO_2 und CH_4 zerlegt; auch die Cellulose scheint theilweise bei der Gährung im Darme

zu zerfallen. Die Fäulnissvorgänge im Darme zerlegen ferner die Aepfelsäure, Weinsäure, Buttersäure unter Bildung von Buttersäure, Essigsäure, CO_2. — Die meisten Salze der organischen Säuren werden ganz oder zum Theil in CO_2-Salze umgewandelt (Magawly).

Fäulnisszersetzung der Albuminate.

5. Die Pancreasverdauung auf Eiweisskörper geht durch die Wirkung ihrer Verdauungsfermente nicht weiter als bis zur Bildung von Leucin, Tyrosin, Asparaginsäure. Erst die Fäulnissgährung (Hüfner, Nencki) im Dickdarme bringt noch tiefere Zersetzungen hervor, zu denen stark übelriechende Dickdarmstoffe, das Indol, das Phenol und Skatol gehören. Hierbei kommt es (ebenso wie beim Kochen der Eiweisskörper mit Alkalien) zur Entwickelung von CO_2 — H_2S, ferner treten H und CH_4 auf. Leim liefert unter diesen Bedingungen neben reichlichem Leucin viel Ammoniak, CO_2, Essigsäure, Buttersäure, Baldriansäure und Glycin (Nencki). Mucin und Nuclein erleiden keine Zersetzungen. Künstliche Verdauungsversuche mit Pancreas zeigen eine ganz ausserordentliche Neigung und Schnelligkeit zu Fäulnisszersetzungen.

Indol.

6. Unter den festen Stoffen im Dickdarm, welche nur die Fäulniss liefert, ist zuerst das fäcal-stinkende Indol ($C_8 H_7 N$) zu nennen, ein Stoff, der auch durch Erhitzen der Albuminate mit Alkalien, oder in geringer Menge durch Ueberhitzung derselben mit Wasser auf 200° C. entsteht. Es ist die Vorstufe des Indicans im Harne. Wenn die Producte der Verdauung der Albuminate, die Peptone, schnell im Darme zur Resorption gelangen, so kommt es nur zu einer geringen Bildung von Indol; wenn hingegen bei geringfügiger Resorption die Fäulniss zumal auf die noch reichlich vorhandenen Producte der Pancreasverdauung intensiv einwirken kann, so entsteht reichlich Indol und weiterhin Indican im Harn.

So fand Jaffé bei Brucheinklemmung und Abschluss des Darmrohres reichlich Indican im Harn. Nach Transfusion mit heterogenem Blute, bei welchem die Darmwandungen vielfach mit Blutaustritt und Gefässverstopfungen behaftet sind und nicht selten Lähmungszustände der Gefässe des Darmes und der Darmmusculatur selbst angetroffen werden, fand ich oft den Indicangehalt des Harnes sehr hoch.

Phenol.

Es bildet sich ferner im Darme durch den Fäulnissprocess etwas Phenol, welches Baumann beim Faulen von Fibrin mit Pancreas ausserhalb des Körpers auftreten sah und Brieger constant in den Faeces antraf. Es scheint diese Substanz unter analogen Verhältnissen wie das Indol eine Zunahme zu erfahren (Salkowski), indem eine Steigerung des Indicans im Harne zugleich mit Vermehrung der Phenylschwefelsäure in demselben verknüpft ist.

Skatol.

Das penetrant fäcal-stinkende Skatol (Brieger), ein constanter menschlicher Fäcalstoff, ist künstlich durch lange

Fäulniss von Eiereiweiss unter Wasser durch Nencki und Secretan dargestellt worden. Auch Essigsäure, Buttersäure und Isobuttersäure finden sich in den Faeces (Brieger). Das von Marcet beschriebene Excretin der menschlichen Faeces ist in seiner Bildungsgeschichte und Construction völlig unbekannt.

Reaction des Darminhaltes.

Die Reaction ist im Darme dicht unterhalb des Magens zunächst noch sauer, der Pancreassaft und Darmsaft bringen jedoch schon bald neutrale, dann alkalische Reaction hervor, die nun im ganzen Dünndarm vorherrscht. Im Dickdarm ist meist saure Reaction wegen der sauren Gährung und Zersetzung der Ingesta und des Kothes.

187. Vorgänge im Dickdarm. Bildung der Faeces.

Vorwiegend resorbirende Thätigkeit des Dickdarmes.

Innerhalb des dicken Gedärmes überwiegen die Fäulniss- und Gährungszersetzungen der Ingesta entschieden über die fermentativen oder eigentlichen Verdauungsumsetzungen. Ausserdem ist die aufsaugende Thätigkeit der Dickdarmwandung grösser als die absondernde, weshalb die Consistenz des Inhaltes, die am Beginn des Dickdarms noch breiig wässerig ist, im weiteren Verlaufe des Darmes fester wird. Die Aufsaugung umfasst nicht allein das Wasser und die in Lösung gebrachten Verdauungsproducte, sondern auch Acidalbumin und unter Umständen sogar unverändertes flüssiges Eiweiss (Voit und Bauer; Czerny und Latschenberger). — Erst im unteren Abschnitt des Dickdarms werden die Fäcalstoffe geformt. Das Coecum mancher Thiere (z. B. Kaninchen) ist von beträchtlicher Grösse; in ihm scheinen die Gährungszersetzungen intensiv vor sich zu gehen, unter Entwickelung saurer Reaction. Beim Menschen ist das Coecum, wie der Reichthum lymphatischer Follikel zeigt, vorwiegend Resorptionsorgan. Vom unteren Theile des Dünndarmes und vom Coecum an nehmen die Ingesta den fäcalen Geruch an.

Faeces.

Die Masse der entleerten Faeces beträgt im Durchschnitt 170 Gr. in 24 Stunden (60—250 Gr.), doch werden bei reichlicher Aufnahme zumal schwer verdaulicher Substanzen sogar über 500 Gr. entleert. Nach Fleisch- und Eiweissnahrung ist die Menge der Faeces kleiner, und die absolute Menge der festen Rückstände derselben ist geringer, als nach Vegetabilienkost.

Die Consistenz ist vom Wassergehalte abhängig, der meist 75 % beträgt. Der Wassergehalt hängt theils von der Nahrung ab: reine Fleischkost bewirkt relativ trockene, zuckerreiche Nahrung relativ wasserreiche Faeces. Die Menge aufgenommener Getränke ist ohne Einfluss auf den Wassergehalt. Dahingegen hat die Energie der Peristaltik insofern einen Einfluss, als, je schneller dieselbe, um so wässeriger die Faeces sind, weil nicht hinreichend Zeit vorhanden ist, aus

den schnell weiter beförderten Ingestis die Flüssigkeiten zu resorbiren. Lähmungen der Blut- und Lymphgefässe am Darme nach Durchschneidung der Nerven (siehe oben) gehen ebenfalls mit Verflüssigung der Faeces einher.

Die Reaction ist meist sauer in Folge der Gährung, namentlich stark nach saurer Gährung reichlich genossener Kohlehydrate. Kommt es jedoch im untern Darmabschnitte zur Bildung reichlichen Ammoniaks, so kann neutrale und selbst alkalische Reaction überwiegen. Starke Absonderung von Schleim im Darme begünstigt neutrale Reaction.

Der Geruch, der bei Fleischgenuss intensiver ist, als bei Pflanzennahrung, rührt her von den fäcal-stinkenden Indol und Skatol, ferner von den flüchtigen Fettsäuren und, wo er sich bildet, vom Schwefelwasserstoff.

Die Farbe der Faeces richtet sich nach der Menge der beigemischten veränderten Gallenfarbstoffe, wodurch die hellgelbe bis dunkelbraune Nuancirung entsteht.

Ausserdem wirkt die Farbe der Nahrungsmittel vielfach mit: reicher Blutgehalt der Nahrung macht die Faeces fast braunschwarz durch Hämatin; — grüne Vegetabilien braungrün durch Chlorophyll; — Knochen (beim Hunde) weiss durch Kalkgehalt; — blaurothe Pflanzensäfte blauschwarz; — Eisenpräparate färben durch Bildung von Schwefeleisen die Faeces schwarz.

Die Faeces enthalten:

Bestandtheile der Faeces.

1. Die unverdaulichen Rückstände der Gewebe thierischer oder pflanzlicher Nahrungsmittel: Haare, Horngewebe, elastisches Gewebe; — die meiste Cellulose, Holzfasern, Obstkerne, Spiralgefässe von Pflanzenzellen, Gummi.

2. Bruchstücke sonst wohl verdaulicher Substanzen, namentlich wenn dieselben in übergrosser Menge genossen waren, oder durch Kauen nicht die hinreichende Zerkleinerung erfahren hatten. Also: Bruchstücke von Muskelfasern, Schinkenstücke, Sehnenfetzen, Knorpelstückchen, Flocken von Fettgewebe, Stückchen harten Eiweisses, — ferner Pflanzenzellen aus Kartoffeln und Gemüsen, rohes Stärkemehl u. dgl.

3. Die Umsetzungsproducte der Gallenfarbstoffe, welche nun die Gmelin-Heintz'sche Reaction nicht mehr geben, sowie die veränderten Gallensäuren (siehe pg. 327). Im Meconium dagegen findet sich unverändertes Bilirubin, Biliverdin, Glycocholsäure und Taurocholsäure (Zweifel, Hoppe-Seyler).

4. Unverändertes Mucin und Nuclein, letzteres zumal nach Brodkost, — daneben in verschiedenen Auflösungsstadien begriffene Epithelien des Tractus.

5. Nach sehr reichem Milchgenuss, ebenso nach Fettkost finden sich constant im Kothe die Verbindungen fetter Säuren mit Kalk, also Kalkseifen, sogar schon bei Säuglingen (Wegscheider). Bei Milchcuren sah man daneben unverdaute Klumpen von Casein und Fett auftreten. Verbindungen ferner des Ammoniaks mit der aus der Fäulniss hervorgegangenen Essigsäure, Buttersäure, Isobuttersäure (Brieger), Capronsäure gehören zu den beständigen Fäcalstoffen.

6. Unter den unorganischen Rückständen sind die leicht löslichen Salze, welche eben deshalb auch leicht diffundiren, selten in den Faeces, also: Kochsalz und die übrigen Chloralkalien, die phosphorsauren, sowie die schwefelsauren Verbindungen. Dahingegen sind die unlöslichen Verbindungen: phosphorsaure Ammoniak-Magnesia, phosphorsaurer Kalk und phosphorsaure Magnesia vorherrschend: 70% der Asche. Theils sind dies nicht aufgelöste Bestände aus Nährstoffen stammend (wie der Kalk aus den Knochen), theils sind sie erst ausgeschieden, nachdem die sie enthaltenden Nahrungsstoffe verdaut worden sind (wie Asche sich aus verbrannten Nahrungsmitteln bildet).

Mitunter ist die Ausscheidung der anorganischen Substanzen so reichlich, dass sie Incrustationen anderer Fäcalstoffe bilden. Hierbei ist entweder nur die phosphorsaure Ammoniakmagnesia in grossen Krystallen vorhanden, oder vermengt mit diesen das Magnesiumphosphat. Namentlich Genuss von Roggenkleie im Brode, die diese Stoffe reichlich enthält, gibt hierzu Veranlassung (Hoppe-Seyler).

Bei Menschen, welche an zufällig erworbenen Darmfisteln leiden oder an einem künstlichen After (Darmfistel im Bereiche des Dickdarmes), hat man Gelegenheit, die Veränderungen des Darminhaltes genauer zu verfolgen.

188. Krankhafte Abweichungen der Verdauungsthätigkeiten.

Nahrungsaufnahme.

A. Die Aufnahme der Nahrung erleidet eine Behinderung beim Krampf der Kaumuskeln (meist Theilerscheinung allgemeiner Krämpfe), Stricturen des Oesophagus entweder durch Aetznarben (nach Verschlucken ätzender Flüssigkeiten, z. B. Aetzalkalien, Mineralsäuren) oder Geschwulstbildungen, namentlich Krebs. Auch Entzündungen aller Art im Munde und Rachen können die Nahrungsaufnahme erheblich erschweren. Unvermögen zum Schlingen tritt ein als Theilerscheinung bei Erkrankung der Medulla oblongata in Folge der Lähmung des Centrums (Nebenoliven) der motorischen (Facialis, Vagus, Hypoglossus) und der reflexanregenden sensiblen (Glossopharyngeus, Vagus, Trigeminus) Nerven. Reizungen oder abnorm gesteigerte Erregung dieser Stelle kann krampfhaftes Schlingen und das lästige Gefühl der Zusammenschnürung im Halse (Globus hystericus) erzeugen (vgl. pg. 286).

Speichelsecretion.

B. Die Speichelsecretion erleidet eine Verminderung bei der Entzündung der Speicheldrüsen, Verstopfung ihrer Gänge durch Concretionen (Speichelsteine) etc., ferner unter dem Einflusse des Atropins, Daturins und des Fiebers, wodurch die secretorischen Chordafasern (nicht die vasomotorischen) gelähmt zu werden scheinen. — Bei sehr hohem Fieber wird gar kein Speichel secernirt. Der bei niedrigeren Fiebergraden abgesonderte Speichel ist trübe und dickflüssig und reagirt meist sauer. Mit der Zunahme des Fiebers steigert sich auch das Unvermögen der diastatischen Wirkung (Uffelmann). Vermehrt wird die Speichelsecretion durch krankhafte Reizung der Mundnerven (Entzündungen, Geschwüre; — Trigeminusneuralgien), so dass pfundweise Speichel entleert wird. Quecksilber und die Blätter von Jaborandi bewirken Speichelfluss, ersteres unter gleichzeitigem Auftreten einer Stomatitis, welche die Speichelsecretion reflectorisch hervorruft. Auch Erkrankungen des Magens können unter Uebelkeitsanwandelungen und Würgen die Speichelsecretion vermehren. Sehr zäher, fadenziehender Sympathicusspeichel tritt unter gleichzeitiger heftiger Gefässaufregung hervor bei lebhafter Geschlechtserregung, aber auch bei gewissen psychischen Affecten. Bei Mundkatarrhen, ferner bei Fiebern in Folge der Zersetzung angehäufter Mundepithelien, sowie bei Diabetes mellitus in Folge der Säuregährung aus dem zuckerhaltigen Speichel — erscheint die Reaction der Mundflüssigkeit sauer. Diabetiker leiden daher vielfach an cariösen

Zähnen. Auch die Mundflüssigkeit der Säuglinge reagirt, falls nicht die grösste Reinlichkeit beobachtet wird, leicht sauer.

Magenverdauung.

C. Die Magenverdauung wird durch alle sehr heftigen körperlichen und geistigen Anstrengungen verzögert, in höheren Graden sogar gehemmt. Auch plötzliche psychische Erregungen können diesen Einfluss haben. Wahrscheinlich verursachen diese Momente Einwirkungen auf die vasomotorischen Nerven des Magens.

Entzündliche oder katarrhalische Affectionen des Magens, sowie Geschwüre und Neubildungen, stören die normale Verdauungsthätigkeit, — desgleichen übermässiger Genuss schwer verdaulicher Speisen, reichlicher scharfer Gewürze oder Alkohol. Grützner sah beim Hunde unter dem Einflusse eines chronischen Magenkatarrhes die Schleimhaut fortwährend absondern, allein der Magensaft war pepsinarm, trübe, zäh, weniger sauer, ja selbst alkalisch. Einführung der Speisen änderte die Secretion nicht; der Magen kommt also eigentlich nie zur Ruhe. Dabei sind die Hauptzellen der Magendrüsen getrübt. Hiernach empfiehlt es sich also, beim Magenkatarrh häufig aber immer sehr wenig zu essen und daneben als Getränk 0,4 $/_0$ Salzsäure zu trinken. Kleine Gaben Kochsalz scheinen die Magenverdauung zu unterstützen.

Bei der Verdauungsschwäche kann entweder mangelnde Bildung der Salzsäure, oder des Pepsins die Ursache sein. Beide Substanzen kann man daher als Abhilfemittel verabreichen. Bei geschwächter Magenverdauung kommen oft Zersetzungen des Inhaltes zu Milch-, Butter- und Essigsäure vor unter der Einwirkung von niederen Organismen. Kleine Gaben Salicylsäure sind hier sehr anzurathen (Hoppe-Seyler), daneben etwas Salzsäure (trotz etwaigem Sodbrennen oder saurem Aufstossen). Wohl nur selten ist die Verabreichung von Pepsin unabweislich, da dies selbst der kranken Magenschleimhaut wohl nur sehr selten fehlt. — Das Erbrechen ist bereits (pg. 287) besprochen worden.

Besondere Beachtung verdient noch die

Verdauung im Fieber.

D. Magenverdauung Fiebernder und Anämischer. Schon Beaumont hatte durch Beobachtungen an dem von ihm untersuchten Magenfistel-Mann gefunden, dass beim Fieber nur eine spärliche Absonderung von Magensaft statthatte; die Schleimhaut war saftarm, roth und reizbar. Hunde, welche Manasseïn septichämisch fiebernd oder durch Aderlässe stark anämisch gemacht hatte, lieferten einen schlechter wirksamen Magensaft, in welchem namentlich zu geringer Salzsäurebestand vorhanden war. Hoppe-Seyler untersuchte die Magenflüssigkeit eines Typhuskranken (in der von der Velden keine freie Salzsäure antraf) und fand dieselbe völlig wirkungslos zur künstlichen Verdauung, selbst nachdem Salzsäure zugesetzt war. Dieser Forscher betont mit Recht, dass die Verminderung der Salzsäure bei solchen Zuständen den Eintritt der neutralen Magenreaction befördert, bei welcher einerseits die Verdauung im Magen nicht mehr vor sich gehen kann, andererseits aber abnorme Gährungsprocesse (Milchsäure-, Buttersäure-Gährung mit Gasentwickelung) unter Beihilfe entwickelter niederer Organismen, wie Vibrionen und Sarcina ventriculi, zur Ausbildung kommen müssen. Er räth daher Darreichung von Salzsäure und Pepsin und daneben, wenn Gährungserscheinungen bestehen, kleine Dosen Salicylsäure (zur Vernichtung der niederen Organismen). Uffelmann fand, dass bei Fiebernden dann die Absonderung eines peptonbildenden Magensaftes aufhört, wenn das Fieber sehr stürmisch beginnt, wenn ein grosser Schwächezustand sich einstellt, oder wenn anhaltende sehr hohe Temperatur besteht. Jedenfalls ist im Fieber auch die Menge des abgesonderten Saftes herabgesetzt, so dass sich auch hieraus die Dyspepsie Fiebernder erklärt. Die Reizbarkeit der Schleimhaut ist erhöht, so dass leicht Erbrechen hervorgerufen wird. Auch die erhöhte Erregbarkeit der vasomotorischen Nerven Fiebernder (Heidenhain) ist für die Absonderung wirksamer Verdauungssäfte offenbar nachtheilig. Flüssigkeiten sah Beaumont aus dem Magen des Fiebernden schnell resorbirt werden, dahingegen ist die Resorption der Peptone vermindert, schon wegen des sehr häufig begleitenden Magenkatarrhes und der gestörten Thätigkeit der Muscularis mucosae (Leube).

E. Die Absonderung der Galle erleidet in acuten Krankheiten eine Veränderung dahin, dass dieselbe spärlicher und zugleich wässeriger, d. h. ärmer an specifischen Bestandtheilen wird. Erleidet die Leber selbst durch den Erkrankungsprocess tiefgreifende Structurveränderungen, so kann sogar die Gallensecretion vollständig stocken. *Galle.*

F. Zu den abnormen Bildungen innerhalb der Gallenblase oder Gallengänge gehören die Gallensteine. Man unterscheidet die weissen, welche fast ganz aus schichtweise abgelagerten Cholesterinkrystallen bestehen. Sie sind meist gegen 1 Cmtr. im Durchmesser, aber selbst bis wallnussgross und darüber. — Die braunen bestehen aus Bilirubinkalk und kohlensaurem Kalk, oft mit Eisen, Kupfer und Mangan vermischt. Einzelne Gallensteine sind mehr rundlich, oft mit maulbeerförmigen Höckern versehen. Die in der Gallenblase zusammenliegenden schleifen sich gegen einander ab, durch die Contraction der Wandungen der Gallenblase gegen einander gerieben. Die weissen Steine enthalten oft als Kern Kalk und Gallenfarbstoff, daneben N-haltige Reste wohl aus abgestossenen Epithelien herstammend, und etwas Fett. Gallensteine können Verstopfungen der Gallenwege erzeugen und so zu den Erscheinungen der Cholämie führen. Kleinere können eingeklemmt in den Gängen lebhafte Schmerzen erzeugen (Gallensteinkolik) und selbst Zerreissungen der Gänge durch scharfe Kanten bewirken. — Von der Cholämie und dem Icterus war bereits (182, pg. 323) die Rede. *Gallensteine.*

Ueber krankhafte Störungen im pancreatischen Safte ist nichts Zuverlässiges ermittelt; im hohen Fieber scheint das Secret vermindert zu sein.

G. Unter den Störungen in der Thätigkeit des Darmtractus tritt uns zuerst die Verstopfung (Obstipatio) entgegen. Die Ursache derselben kann in folgenden Momenten belegen sein: 1. In Hindernissen, welche den normalen Weg versperren. Hierher gehören Verengerungen des Darmtractus durch Narbenstricturen (z. B. im Dickdarm oft nach Ruhr), Geschwulstmassen, ferner durch Axendrehung einer Darmschlinge (Volvulus), oder Einstülpung eines Stückes in ein anderes (Invaginatio), weiterhin durch Druck von Geschwülsten oder Exsudaten von aussen her. Endlich kann das angeborene Fehlen des Afters die Ursache abgeben. — 2. Zu grosse Trockenheit der Contenta kann die Ursache der Obstipation sein. Hier können die folgenden Momente wirken: Zu grosse Trockenheit der Nahrungsmittel, ferner Verminderung der Verdauungssäfte, z. B. der Galle beim Icterus; — oder in Folge starker Flüssigkeitsabgabe durch andere Organe des Körpers, wie nach reichlichen Schweissen, Milchabsonderung; — oder endlich im Fieber. — 3. Abweichungen in der Thätigkeit der Muskeln und der motorischen Nervenapparate des Darmes können Verstopfung durch mangelhafte Peristaltik erzeugen. Namentlich bewirken dies Lähmungszustände, wie bei Entzündungen, Entartungen, chronischen Katarrhen, Bauchfell-Entzündungen und Wassersuchten. Rückenmarkslähmungen sind meist mit träger Stuhlentleerung verbunden, vielfältig auch Gehirnaffectionen. Ob die Erscheinungen geistiger Abspannung, Verstimmung und Hypochondrie die Ursachen oder vielmehr die Folgen der Obstipation sind, ist nicht erwiesen. Krampfhafte Zusammenziehungen gewisser Darmabschnitte können unter lebhaften Schmerzen (Kolik) vorübergehende Retention des Darminhaltes veranlassen; ebenso ein Krampf der Afterschliesser, der auch reflectorisch durch Reizung des unteren Darmabschnittes erfolgen kann. Fast immer sind die Fäcalstoffe bei Obstipation hart und wasserarm, weil während ihres langen Verweilens im Darme die Flüssigkeit aus denselben resorbirt wird. In Folge dessen ballen sich die Kothmassen zu grösseren Massen (Skybala) innerhalb des Dickdarmes zusammen, und diese können ihrerseits wiederum zu neuen Hindernissen in der Fortbewegung Veranlassung geben (Koprostasis). *Verstopfung.*

Unter den Mitteln, welche Anhalten des Stuhles bewirken, sind theils solche, welche den motorischen Apparat vorübergehend lähmen, wie Opium, Morphin, — theils solche, welche secretionsbeschränkend auf die Darmschleimhaut, und auf die Gefässe und die Schleimhaut selbst zusammenziehend wirken, wie Gerbsäure, gerbsäurehaltige Pflanzenpräparate, Alaun, Kalk, Bleiacetat, Silbernitrat, Wismuthnitrat.

Durchfall. H. Vermehrungen der Darmausleerungen sind meist mit einer grösseren Flüssigkeit der Faeces verbunden (Durchfall, Diarrhöe). Die Ursache liegt:

1. In einer zu schnellen Fortbewegung der Contenta durch das Darmrohr, namentlich durch das dicke Gedärm, so dass hier die Resorption aus denselben nicht in normaler Weise erfolgen kann. Die vermehrte Peristaltik hängt von einer Reizung des motorischen Nervenapparates des Darmes, vorwiegend wohl reflectorischer Natur, ab. Ein sehr schneller Durchgang der Ingesta durch das Darmrohr bewirkt, dass die Entleerungen noch Substanzen enthalten, die in der kurzen Zeit noch nicht völlig oder gar nicht verdaut werden konnten (Lienterie). Dies wird sich auch ereignen, wenn hochliegende Darmpartien durch abnorme Communicationsöffnungen mit den unteren Darmabschnitten verbunden sind.

2. Diarrhöen können entstehen in Folge von Störungen der Diffusionsvorgänge durch die Darmwandung. In dieser Beziehung sind Affectionen der Epithelien zu nennen, Schwellungen derselben bei katarrhalischen oder entzündlichen Zuständen der Schleimhaut. Da ferner bei der Resorption im Darme eine eigene Thätigkeit der Cylinderzellen in Betracht kommt, die vielleicht vom Nervensystem beherrscht wird, so ist erklärlich, wie auch plötzliche Erregungen durch Schreck, Angst etc. Durchfälle erzeugen.

3. Durchfall kann die Folge einer vermehrten Absonderung in den Darm hinein sein.

Hierher gehören die reichlichen flüssigen Absonderungen, die nach Abstossung der Darmepithelien sich einstellen, wie bei der Cholera, in welcher eine so hochgradige Transsudation in den Darm statthat, dass das Blut dickflüssig wird, und sogar in den Adern stockt.

Sodann aber kann auch durch eine Lähmung der (vasomotorischen) Nerven des Darmes Transsudation in den Darm statthaben. Hierher scheinen die Erkältungsdiarrhöen gerechnet werden zu müssen. Nicht selten können sich einzelne Ursachen combiniren.

Unter fieberhaften Erkrankungen scheint das Secret der Darmdrüsen quantitativ und qualitativ verändert zu sein, bei gleichzeitiger Störung in der Thätigkeit der Darmmusculatur und der Resorptionsorgane, unter gesteigerter Reizbarkeit der Schleimhaut (Uffelmann). Besondere Beachtung verdient der Umstand, dass bei vielen acuten fieberhaften Krankheiten der Kochsalzgehalt im Harn bedeutend abnimmt, mit dem Nachlassen der Krankheit wieder steigt.

189. Vergleichendes zur Verdauungslehre.

Speicheldrüsen. Unter den Säugern besitzen die Herbivoren grössere Speicheldrüsen, als die Carnivoren; die Omnivoren halten die Mitte. Die Wale haben gar keine Speicheldrüsen; die Pinnipedia eine kleine, Echidna gar keine Parotis. Der Hund hat wie manche Carnivoren noch eine in der Orbita liegende Glandula zygomatica. — Bei den Vögeln münden die Speicheldrüsen im Mundwinkel. — Unter den Schlangen sind die Parotiden bei einigen zu den Giftdrüsen verwandelt; die Schildkröten haben Unterzungendrüsen; ausserdem kommen bei den Reptilien am Mundsaume die Lippendrüsen vor. — Die Amphibien und Fische haben nur kleinere zerstreut liegende Munddrüschen. — Unter den Insecten sind die Speicheldrüsen sehr verbreitet, theils einzellige (z. B. bei Läusen 2 Paare; Landois), theils zusammengesetzte; meist sind ihrer mehrere Paare vorhanden. Bei manchen ist ihr Secret ameisensäurehaltig, weshalb Stiche dieser Thiere brennen und entzündungserregend wirken; — bei anderen ist das Secret stark alkalisch, wie das der grossen Speicheldrüsen der Bettwanze (Landois). Bei Bienen und Ameisen sondern die unteren Speicheldrüsen eine Art Kittstoff ab. (Nicht zu verwechseln mit den Speicheldrüsen sind die Seidensubstanz absondernden Gespinnstdrüsen an der Unterlippe der Raupen, zumal der Seidenraupe.) — Unter den Würmern haben die Blutegel einzellige Speicheldrüsen. — Bei den Schnecken sind Speicheldrüsen gleichfalls verbereitet, und nthält der Speichel von Dolium galea über $3\frac{1}{2}\%$ freier Schwefel-

säure, die auch bei anderen Schnecken Murex, Cassis, Aplysia gefunden ist. Die Cephalopoden haben doppelte Speicheldrüsen.

Magen. Kropfartige Bildungen fehlen allen Säugern; der Magen erscheint entweder einfach (wie beim Menschen) oder wie bei vielen Nagern in zwei Hälften getheilt, in einen Cardiatheil und einen Pylorustheil.

Der Magen der Wiederkäuer besteht aus 4 Abschnitten: Der erste und grösste ist der Pansen (Rumen), dann folgt der Netzmagen (Reticulum). In diesen beiden Theilen, zumal im Pansen erfolgt die Erweichung und Durchgährung der Ingesta. Nun werden sie durch die bis zum Magen führenden willkürlichen Muskelfasern wieder zum Munde entleert, abermals durchkaut und durch den Verschluss einer besonderen Halbrinne (Schlundrinne) wird nun der Bissen in den dritten Magen, den Blättermagen (Psalterium) geleitet (fehlt den Kameelen) und von da in den eigentlichen vierten Magen, Labmagen (Abomasus), in welchem die fermentative Verdauung (er besitzt allein charakteristisches Epithel) vor sich geht. — *Darm.* Der Darm zerfällt in Dünn- und Dickdarm, er ist bei Fleischfressern kurz, bei Herbivoren beträchtlich länger. Der Blinddarm, der bei den Pflanzenfressern als wichtiges Verdauungsorgan eine beträchtliche Grösse hat, bei einigen Nagern sogar in der Mehrzahl auftritt, sinkt beim Menschen auf ein unbedeutendes typisches Residuum zurück und fehlt bei den Carnivoren gänzlich. — Bei den Vögeln besitzt die Speiseröhre oft (namentlich bei den Raubvögeln und Körnerfressern) einen blindsackartigen Anhang, den Kropf, zur Erweichung der Nahrung. Der Magen besteht aus dem drüsenreichen Vormagen (Proventriculus) und dem starkwandigen Muskelmagen, der mit Hilfe innerer Hornplatten die Zermalmung zumal der Körner bewirkt. Am Darme findet sich an der Grenze gegen den kurzen Dickdarm fast constant ein Paar handschuhfingerförmiger Blinddärmchen. Die Darmschleimhaut zeigt vorwiegend Längsfalten. — Der Nahrungscanal der Fische ist meist einfach: der Magen stellt häufig nur eine Erweiterung dar, seltener zeigt der Pylorus eine, häufiger eine ganze Anzahl blinder drüsenreicher Anhangssäcke (Appendices pyloricae, z. B. beim Lachs). Die Schleimhaut des meist kürzeren Darmes zeigt meist Längsfaltung, oder durch eine wendeltreppenartige Anordnung die sogenannte Spiralklappe (z. B. Stöhr). Das kurze Rectum zeigt bei Haien und Rochen einen blindsackartigen Anhang (Bursa Entiana).

Bei Amphibien und Reptilien ist der Magen meist eine einfache Erweiterung; der Darm ist bei pflanzenfressenden länger als bei fleischfressenden. Besonders interessant ist in dieser Beziehung, dass die vegetabilienfressenden Froschlarven mit der Metamorphose, die sie zu landbewohnenden Fleischfressern macht, einen kürzeren Darm erhalten. Vielfältige Faltenbildungen zeigt namentlich die Darmschleimhaut der Reptilien. — *Leber und Pancreas.* Die Leber fehlt keinem Wirbelthier, bei den Fischen ist sie besonders gross (Amphyoxus hat nur einen als Leber gedeuteten Blindsack), die Gallenblase fehlt wechselnd in allen Classen. Das Pancreas wird nur bei einigen Fischen vermisst. — Eine (Amphioxus) oder zwei Oeffnungen (Haie, Rochen, Stör, Aal, Lachs) führen von aussen her frei in die Bauchhöhle; ebenso noch bei den Krokodilen.

Cephalopoden. Bei den Weichthieren haben nur die Schnecken und die Cephalopoden eigentliche Kauwerkzeuge. Manche pflanzenfressenden Landschnecken haben eine in der oberen Schlundwand liegende bewegliche hornige Reibplatte. Horizontal gegen einander wirkende hartrandige Kieferplatten finden sich namentlich bei den fleischfressenden nacktkiemigen Schnecken. Eine wie eine Zunge gelagerte hornige Reibplatte (deren eigenthümliche Sculptur zu systematischer Unterscheiduug vieler Schnecken dient) findet sich bei anderen vielfältig vor. Die Cephalopoden besitzen einen starken Beissapparat in Form eines grossen hornigen papageischnabelförmigen Kieferpaares. Auch diese haben auf einem zungenartigen Wulst eine Reibplatte, besetzt mit Stacheln. Der Nahrungscanal ist in Speiseröhre, Magen und Darm abgetheilt, mitunter mit Blindsäcken ausgestattet. *Mollusken.* Der Enddarm durchbohrt bei vielen Muscheln das Herz und den Herzbeutel. Bei den Schnecken findet sich der After meist in der Nähe der Athmungsorgane. Die Leber ist meist sehr gross. Bei den Cephalopoden mündet der Tintenbeutel in den Enddarm, oder neben dem After.

Crustaceen. Unter den Gliederthieren haben die Krebsthiere aus Fusswerkzeugen umgewandelte Kauapparate; bei einigen bestehen noch wahre Kaufüsse; unter den parasitischen Krebsen finden sich auch saugende Mundtheile. — Unter den *Arachniden.* Arachniden haben die Milben saugende Mundtheile; bei den echten Spinnen finden sich neben den saugenden Mundtheilen horizontal wirkende, zum Theil *Myriapoden.* mit Giftdrüsen in Verbindung stehende Klauenkiefer. Den Tausendfüsslern *Insecten.* kommt ein starkes, horizontal wirkendes Kieferpaar zu. — Unter den Insecten besitzen die mit kauenden Mundtheilen ausgerüsteten zwischen der Ober- und Unterlippe zwei Paar horizontal gegen einander wirkende Kieferpaare, von denen die Oberkiefer (Mandibulae) die Unterkiefer (Maxillae) an Stärke übertreffen. Bei den saugenden Insecten sind die vier Kiefer zu einer langen längsgeschlitzten Röhre (Stechrüssel der Wanze) umgebildet, die in der halbrinnenförmigen Unterlippe wie in einem Futterale liegt. Der Rüssel der Schmetterlinge besteht aus den sehr verlängerten, neben einander liegenden aufrollbaren Unterkiefern (Oberkiefer verkümmert). Die Immen haben eine Saugzunge, die in einer aus den Unterkiefern gebildeten Rinne liegt; daneben bestehen noch die schwachen Oberkiefer als Kauwerkzeuge.

Bei den Krebsthieren ist die Speiseröhre kurz, der Magen ist bei manchen eine einfache Erweiterung, bei anderen besitzt er blinde Ausstülpungen, in denen gallebereitende Drüsen liegen. Der Flusskrebs nebst Verwandten besitzen eine stark chitinisirte Intima im Magen, wodurch dieser als Kaumagen befähigt wird. Diese Haut wird bei der Häutung mit ausgeworfen. — Unter den Arachniden haben die Skorpione einen einfachen Nahrungscanal. Die echten Spinnen besitzen einen dünnen Oesophagus, einen ringförmigen Magen, jederseits noch dazu mit Aussackungen (in deren Grunde Lebersubstanz liegt), die sich bis in die Füsse hinein erstrecken können. Bei den Insecten findet man ausser dem Oesophagus und dem meist drüsenreichen, mitunter ausgesackten Chylusmagen noch verschiedene Abschnitte, wie Kropf (z. B. Grille), Saugmagen (Schmetterlinge), Kaumagen (Floh) in verschiedener Weise vor. Der Darmcanal ist bei den fleischfressenden Insecten meist kürzer, als bei den pflanzenfressenden. Sehr merkwürdig ist es, dass im Larvenzustand (z. B. der meisten Immen) der Tractus unterhalb des Chylusmagens geschlossen ist! Der Enddarm mit seinen Nebenapparaten besteht für sich und mündet als Excretionsrohr in den After. Eigenthümliche lange, röhrenförmige Excretionsorgane, die Malpighi'schen Gefässe, in der Mehrzahl vorhanden, münden an der Grenze des Dünn- und Dickdarmes.

Würmer. Unter den Würmern haben die Bandwürmer, sowie die Kratzer (Echinorrhynchus) unter den Rundwürmern gar kein besonderes Verdauungsorgan, sie ernähren sich endosmotisch durch Aufsaugung seitens der Haut. Den Trematoden (Distomum), den Gordiusformen und fast allen Strudelwürmern fehlt der After. Bei ersteren, sowie bei den Egeln (Sanguisaga) ist die Mundöffnung von einem Saugnapfe umgeben, der bei den Blutegeln in der Tiefe drei gezähnte Schneidewerkzeuge besitzt. Manche Egel, sowie die Planarien haben einen vorstreckbaren Rüssel. Der afterlose Darm der Strudelwürmer ist einfach handschuhfingerförmig; vielfach verzweigt ist er bei den Leberegeln (Distomum). Bei den Ringelwürmern verläuft der Darm vom vorderen Körperende bis zum hinteren gestreckt, Mund und After sind vorhanden. Die Regenwürmer unter ihnen besitzen einen musculösen Pharynx, die Blutegel einen mit vielen seitlichen Blindsäcken versehenen sehr dehnbaren Magen (den man, wenn das Thier sich vollgesogen hat, durch die Rückenhaut hindurch anschneiden kann, so dass das Blut fortwährend aus der Wunde abläuft, während das Thier mit dem Saugmunde weiter Blut aufnimmt [Bdellotomie]). Allen Würmern fehlt die Leber.

Echinodermen. Alle Stachelhäuter (Echinodermen) besitzen einen Darmcanal. Der Mund ist vielfach mit Beisswerkzeugen ausgerüstet, die bei den Seeigeln in Form von 5 Schmelzzähnen, die mit einem beweglichen complicirten Kieferapparat (Laterne des Aristoteles) in Verbindung stehen, auftreten. Unter den Seesternen sind viele afterlos; in Blindsäcken ihres Magenabschnittes wird ein gallenartiges Secret angetroffen. Speicheldrüsen fand man bei den Seeigeln.

Coelenteraten. Die wasserbewohnenden Coelenteraten besitzen keinen mit gesonderten Wandungen versehenen Darmtractus mehr. Die Leibeshöhle ist die verdauende

Cavität; Mund und After ist dieselbe centrale Oeffnung, die oft mit Fangarmen umstellt ist (Medusen, Polypen). Ein mit der Verdauungshöhle zusammenhängendes, den Körper durchziehendes Canalsystem (Medusen) leitet den Ernährungssaft und zugleich das O-haltige Wasser. Es ist daher als „Wassergefässsystem" zugleich Ernährungs-, Athmungs- und Ausscheidungsorgan.

Protozoen. Unter den Protozoen ernähren sich die Gregarinen endosmotisch durch die Haut. Die Infusorien besitzen Mund und After, doch ist ihre Leibeshöhle nur von dem Protoplasma ihrer Körpersubstanz begrenzt. Die Rhizopoden umhüllen ihre Nahrung mit ihrer Leibessubstanz und scheiden an anderer Körperstelle das Unverdauliche aus, bei den Spongien erfolgt dieser Vorgang von dem Innern ihrer vielfachen Canäle, die die Colonien ihrer protoplasmatischen Leiber durchziehen.

Verdauende Pflanzen. In hohem Grade merkwürdig sind die Beobachtungen über Eiweissverdauung seitens einiger Pflanzen (Ch. Darwin 1875). Der „Sonnentau" (Drosera) besitzt auf der Oberfläche der Blätter tentakelartige Fortsätze mit Drüsen besetzt. Sobald ein Insect sich auf das Blatt setzt, umgreifen es plötzlich die Tentakeln, die Drüsen ergiessen einen verdauenden Saft darüber und verdauen das Thier bis auf die unlöslichen Chitinreste. Der Saft enthält ein pepsinartiges Ferment und Ameisensäure. Die Absonderung, sowie auch später die Resorption der gelösten Substanzen erfolgt unter Bewegung des Protoplasmas der Blattzellen. Aehnliche Vorgänge zeigen die „Fliegenfalle" (Dionaea), das „Fettblümchen" (Pinguicula), sowie die Blüthenhöhle von Nepenthes.

190. Historisches zur Verdauungslehre.

Mundhöhlenverdauung. Der Hippokratischen Schule waren die Gefässe der Zähne bekannt; Aristoteles schrieb letzteren ein ununterbrochenes Wachsthum zu; ausserdem macht er darauf aufmerksam, dass diejenigen Thiere, die eine Entwickelung von Hörnern und Geweihen (Zweihufer) hätten, ein mangelhaftes Gebiss (Fehlen der oberen Schneidezähne) haben. (Merkwürdiger Weise hat man bei Menschen mit excessiver Hornsubstanzbildung, durch übermässige Behaarung, gleichfalls mangelhafte Zahnbildung [Fehlen der Schneidezähne] beobachtet). Die Kaumuskeln waren schon sehr früh bekannt; Vidius († 1567) beschrieb das Kiefergelenk mit dem Meniscus. — Den Alten galt der Speichel nur als Lösungs- und Durchfeuchtungsmittel; daneben schrieb man ihm — namentlich dem nüchternen — (im Anschluss an die Kenntniss des Geifers wuthkranker Thiere und des Parotidensecretes der Giftschlangen) vielfach giftige Eigenschaften zu. Die Speicheldrüsen waren schon im Alterthume bekannt; Galenus (131—203 n. Chr.) kennt sogar schon den Wharton'schen Gang. Hapel de la Chenaye gewann 1780 aus der zuerst von ihm an einem Pferde angelegten Speichelfistel grössere Mengen zur Untersuchung. Spalanzani gab an (1786), dass durchspeichelte Speisen leichter verdaut würden, als mit Wasser durchfeuchtete. Hamberger und Siebold untersuchten die Reaction, Consistenz und das specifische Gewicht des Speichels und fanden in demselben Schleim und Eiweiss, ferner Kochsalz, phosphorsauren Kalk und phosphorsaures Natron. Berzelius führte die Bezeichnung Ptyalin für den charakteristischen organischen Speichelstoff ein, doch erst Leuchs (1831) entdeckte die diastatische Wirkung desselben.

Magenverdauung. Die Alten verglichen die Verdauung mit der Kochung, wodurch Auflösung erfolge. Nach Galen soll durch den Pylorus nur gelöste Masse in den Darm fliessen; er beschreibt die Bewegung des Magens und die Peristaltik der Gedärme. Aelian kennt die 4 Magen der Wiederkäuer und nennt ihre Namen. Vidius († 1567) sah die vielen kleinen Drüsenöffnungen der Magenschleimhaut. Van Helmont († 1644) erwähnt ausdrücklich die Säure des Magens. Reaumur (1752) erkannte, dass vom Magen ein Saft abgesondert werde, der die Lösung vollzieht, mit welchem er und Spalanzani ausserhalb des Magens Verdauungsversuche anstellte. Carminati (1785) fand dann, dass namentlich der in der Verdauung begriffene Magen der Carni-

voren einen sehr sauren Saft absondere. Prout entdeckte (1824) die Salzsäure des Magensaftes, Sprott und Boyd (1836) fanden die Drüsen der Magenschleimhaut, unter denen Wasmann und Bischoff die zwei verschiedenen Arten erkannten. Nachdem Beaumont (1834) Beobachtungen an einem Menschen mit Magenfistel angestellt, machten Bassow (1842) und Blondlot (1843) die ersten künstlichen Magenfisteln an Thieren. Eberle bereitete (1834) weiterhin künstlichen Magensaft, Schwann stellte zuerst das Pepsin dar (1836) und bestimmte seine Wirksamkeit in Verbindung mit der Salzsäure.

Der Hippokratischen Schule war bereits das Pancreas bekannt; Maur. Hofmann zeigte (1642) den Ausführungsgang (beim Huhn) desselben dem Wirsung, der ihn dann beim Menschen als seine Entdeckung beschrieb. Regner de Graaf sammelte (1664) den Saft desselben aus Fisteln, den Tiedemann und Gmelin alkalisch, Leuret und Lassaigne speichelähnlich fanden. Valentin entdeckte dessen diastatische, Eberle die emulsionirende, Cl. Bernard (1846) die peptische und fettspaltende Fähigkeit. — Aristoteles nennt die Galle einen nutzlosen Auswurfsstoff, nach Erasistratus (304 v. Chr.) sollen feinste unsichtbare Gänge die Galle aus der Leber zur Gallenblase leiten. Aretaeus leitete die Ursache des Icterus von Verstopfung der Gallengänge ab. Benedetti (1493) beschreibt zuerst die Gallensteine. Nach Jasolinus (1573) entleert sich die Gallenblase durch ihre eigene Contraction. Sylvius de le Boë sah die Leberlymphgefässe (1640); Walaeus das Bindegewebe der sogenannten Capsula Glissonii (1641). Haller betonte den Nutzen der Galle für die Fettverdauung.

Die Leberzellen beschrieben Henle, Purkinje, Detrochet (1838), Heynsins entdeckte den Harnstoff, Cl. Bernard (1853) den Zucker in der Leber, er und Hensen fanden (1857) das Glycogen in derselben. Kiernan beschrieb genauer die Blutgefässe (1834), Beale injicirte die Lymphgefässe, Gerlach die feinsten Gallengänge. Schwann (1844) legte die erste Gallenfistel an. Gmelin entdeckte das Cholesterin, das Taurin, die Gallensäure. Demarcay betonte die Verbindung der Gallensäure mit Natron (1838). Strecker fand die Natronverbindung der beiden Gallensäuren und isolirte sie.

Schon Corn. Celsus erwähnt die ernährenden Klystiere (3—5 n. Chr). Fallopia (1561) beschreibt die Falten und Zotten der Darmschleimhaut, ebenso die nervösen Geflechte des Mesenteriums. Dem Severinus (1645) waren bereits die gehäuften Follikel (Peyer'sche Inseln) des Darmes bekannt.

Physiologie der Resorption.

191. Bau der Resorptionsorgane.

Die Resorptionsorgane des Nahrungscanales.

Die Schleimhaut des gesammten Intestinaltractus ist, soweit sie mit einschichtigem Cylinderepithel ausgekleidet ist, also von der Cardia bis zum After, für die Resorption befähigt. Mundhöhle und Oesophagus können sich an derselben wegen ihres dicken vielfach geschichteten Plattenepithels wenn überhaupt, so jedenfalls nur in sehr geringfügigem Grade betheiligen. Als Resorptionscanäle sind die Capillaren der Blutgefässe, sowie die Chylusgefässe der Schleimhaut thätig, von denen erstere die resorbirten Stoffe fast völlig durch die Pfortader der Leber zuführen, während letztere, in weiterem Verlaufe mit Lymphgefässen zusammentretend, den resorbirten Chylus- oder Milchsaft durch den Ductus thoracicus in das System der oberen Hohlvene entleeren.

Resorption im Magen.

Dass die Becherzellen des Magens sich an der Aufsaugung betheiligen, lehrt einfach die Beobachtung schleuniger Vergiftungsfälle nach Benetzung der Magenschleimhaut; auch hat man in dem Protoplasma der Becher nach reichlichem Milchgenuss Fettkörnchen angetroffen (Kölliker). Es scheinen somit die Becherzellen eine doppelte Thätigkeit zu haben, nämlich Schleim abzusondern und Nährstoffe zu resorbiren.

Zotten des Dünndarmes.

Das vornehmste Resorptionsfeld bietet der Dünndarm dar, der durch seine zahlreichen Schleimhaut-Falten und durch die zahllosen auf denselben hervorragenden kegelförmigen Zotten eine ausserordentliche Flächenvergrösserung für die Aufsaugung entfaltet. Die Zotten, die allein der Dünndarm aufweist, stehen mit ihren Grundflächen dicht an einander, so dass die ganze Schleimhautfläche mit ihnen bestanden erscheint. In den Spalten zwischen ihren Grundflächen münden die zahlreichen einfachen Schläuche der Lieberkühn'schen Drüsen (pg. 329). Jede Zotte ist als eine Hervorragung der ganzen Schleimhaut zu betrachten, denn sie enthält die sämmtlichen Elemente derselben in sich zusammengefügt.

Das Zottenepithel.

Der mantelförmige Ueberzug der Zotten besteht aus einschichtigem Cylinderepithel mit zwischenliegenden einzelnen Schleimbechern (die nicht etwa als Artefacte zu betrachten sind, oder etwa als Alters- und Rückbildungsformen der Epithelien). Die dem Darmlumen zugewandte Fläche der Zellen ist polygonal (D) und zeigt von der Seite gesehen (C) eine breite saumartige Zeichnung, die man

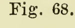
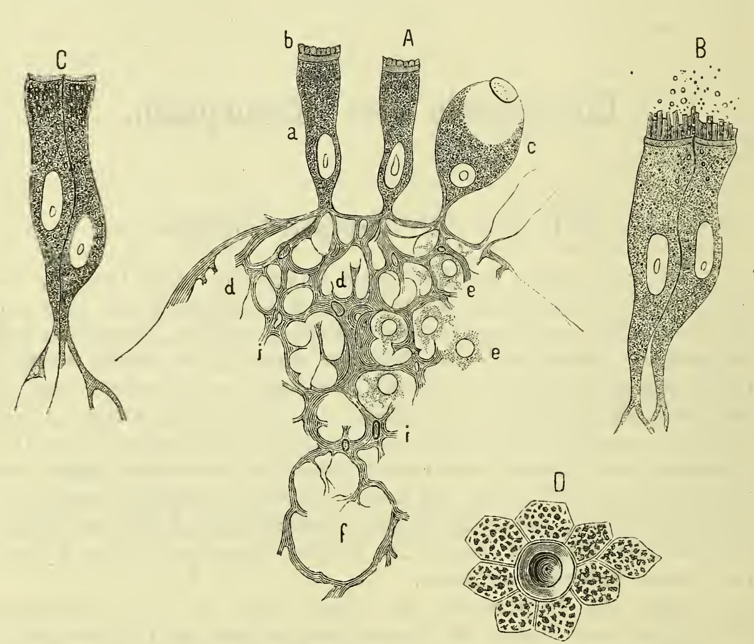


Fig. 68.



Bau der Resorptionsorgane der Zotte. *A* Querschnitt von einer Zotte (zum Theil): *a* Cylinderepithel mit *b* dem verdickten Saume; *c* eine Becherzelle; *i i* das Gerüst des adenoiden Gewebes der Zotte; *d d* die Hohlräume innerhalb desselben, in denen *e e*, die Lymphoidzellen liegen; *f* der centrale Lymphraum im Querschnitt. — *B* zwei Cylinderepithelien mit ausgestreckten pseudopodienartigen Fortsätzen des Zellprotoplasmas bei der Aufnahme der Fettkörnchen thätig. — *C* Cylinderepithelien nach vollendeter Aufnahme der Fettkörnchen. — *D* Das Cylinderepithel der Zotte von der Fläche gesehen, in der Mitte ein Becher.

gewöhnlich als verdickte Wandung der Zellmembran aufgefasst und mit dem Namen Deckelmembran bezeichnet hat. Dieser Saum zeigt eine durch die Dicke verlaufende zarte Streifung, welche theils als der Ausdruck der Zusammensetzung des Deckels aus mosaikartig an einander gelagerten Stäbchen (Brettauer und Steinach), theils als Porencanälchen für den Durchtritt der feinsten Fettkörnchen bestimmt (Kölliker) gedeutet wurde. Thatsächlich gehört jedoch dieser Saum nur den Längsflächen des Epithels an, dem verdickten Rande eines oben offenen cylindrischen Gefässes vergleichbar. Der proto-

plasmatische Zellinhalt, der einen grossen elliptischen Kern mit Kernkörperchen mehr im unteren Zellabschnitte umschliesst, schneidet ziemlich in ebener Fläche mit diesem Rande ab, hat aber zugleich im Niveau der Dicke des Randsaumes viele neben einander stehende pseudopodienartige Protoplasmafortsätze, welche bündelartig vom Reife des Randsaumes umfasst werden. So gewinnt es den Anschein von der Seite, als sei die Deckelmembran gestreift, während thatsächlich weder Deckel, noch die ihm zugesprochene Mosaikstäbchen, oder Poren existiren (v. Thanhoffer). Die Zellen sind somit gegen die Darmfläche hin offen; die dicht neben einander stehenden, den Haaren der Flimmerepithelien ähnlichen Protoplasmafortsätze sind aus dem Zellinnern gegen die Darmfläche hin gerichtet.

Diese Protoplasmafortsätze werden vom Zellkörper über den Rand der Zellhülle hinaus schnell ausgestreckt, mitunter an ihren Enden etwas umgebogen, und sie sind es, welche, den Pseudopodien der Amöben vergleichbar, das feinkörnige Fett erfassen und in den Zellenleib hinein ziehen (vgl. pg. 32). Benetzung mit Galle scheint der Thätigkeit besonders förderlich zu sein, da man an nicht mit Galle getränkten Zotten die Bewegung nicht wahrnimmt. [Ausserdem müssen bis gegen einen Tag vorher das verlängerte Mark, Rückenmark, oder die Dorsalnerven durchschnitten sein (v. Thanhoffer). Es rührt dies, wie mir scheinen will, daher, dass bei der Präparation eines unverletzten Thieres (Frosches) die nothwendig werdende vielfach frische Durchschneidung von Nerven als ein Reiz einwirkt, unter welchem sich die Zellen zur Ruhe begeben (wie gereizte Amöben, oder die Hornhautzellen nach Reizung ihrer Nerven [Kühne]). Es weist diese Thatsache auf einen Einfluss der Nerven auf die Resorption hin.] Wenn die Epithelien mit Fettkörnchen gefüllt sind, sind die Fortsätze in das Innere der Zelle mehr zurückgezogen. Dann erscheint der Saum ungestrichelt, und zwischen ihm und dem Zellprotoplasma liegt eine transparente Zone. Die Becherzellen scheinen ganz vorwiegend zur Schleimabsonderung verwandt zu werden; doch sieht man auch im Innern derselben mitunter kleine Fettkörnchen liegen.

Zusammenhang der Epithelien mit dem Zottengewebe.

Nach den Anschauungen Heidenhain's, welchem sich viele andere und auch v. Thanhoffer angeschlossen haben, stehen die verjüngten Wurzelenden der Epithelien in Verbindung mit anastomosirenden Bindegewebskörperchen des Zottengewebes. In diese sollen die Fettkörnchen von dem Epithelzellen-Innern hineinwandern. Die weichen Bindegewebszellen endlich sollen in Verbindung stehen mit dem centralen Lymphgefässe; und auf diese Weise wäre die Communication der Epithelien mit dem letzteren vorhanden. Es würden also somit die Fettkörnchen durch den Leib der Bindegewebszellen wie durch Saftcanälchen wandern bis zum centralen Lymphgefässe.

Ich kann dieser Auffassung nur mit einer Modification, die sich den Anschauungen von His, Brücke und v. Basch nähert, beistimmen. Nach meinen Untersuchungen muss ich annehmen, dass die Epithelzelle sich nach unten trichterförmig verjüngt, hierbei geht ihre Zellmembran nach verschiedenen Richtungen in directen Zusammen-

hang mit den Stützzellen des adenoiden Gewebes der Zotte über, ebenso mit der subepithelialen Begrenzungsschicht der Zotte, die dem entsprechend also vielfach durchbrochen sein muss. Die Stützzellen des Zottengewebes umgeben ein spongiöses Hohlraumsystem, innerhalb dessen sehr weiche Stromazellen mit dunklem, runden Kerne und spärlichem, sowie sehr zarten und weichen Protoplasmakörper liegen. Letzterer enthält zu passenden Zeiten deutliche Fettkörnchen in sich suspendirt.

Diese Zellen stehen als hüllenlose echte Amöboidzellen mit einander und mit dem Protoplasma der Epithelien in Verbindung, und in ihnen wandern die Fettkörnchen durch active Bewegung des Protoplasmas. Also ist Epithelhülle mit Bindegewebskörperchen der Zotte der Stützapparat; — Epithelzelleninhalt und anastomosirende Stromazellen sind die activen Fortbeweger der aufgenommenen Fettkörnchen. Durch entsprechende Gewebslücken stehen die die Stromazellen beherbergenden Hohlräume mit dem centralen Lymphgefässe in Verbindung. Letzteres liegt in der Axe des Zottenkegels; ich vermag an der Wand desselben keinerlei zellige Auskleidung zu erkennen, vielmehr erscheint es mir als axialer erweiterter Gewebsraum. Seine Wände erscheinen nur hin und wieder buchtig, und es ragen nicht selten Bälkchen des Gewebes der Zotte gegen das Lumen des Canales hervor. Nach einigen Autoren soll er jedoch von Endothelzellen begrenzt sein, zwischen denen Stomata liegen, die in das vielverschlungene Hohlraumsystem des Zottenparenchyms führen. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass von den Blutcapillaren der Zotte weisse Lymphoidzellen in das Zottengewebe einwandern und zum Theil mit aufgenommenen Fettkörnchen behaftet in das centrale Lymphgefäss übertreten.

Der centrale Lymphraum.

Blutgefässe der Zotte.

In jede Zotte dringt eine kleine Arterie, welche excentrisch liegend unvertheilt bis zum Gipfel der Zotte aufsteigt und hier erst sich theilt; beim Menschen beginnt die Theilung bereits von der Mitte an. Die Verästelungen bilden ein dichtes Capillarnetz, welches oberflächlich im Zottenparenchym, ziemlich dicht unter der Epithellage belegen ist, und aus welchem sich entweder von der Spitze der Zotte, oder weiter abwärts, eine Vene rücklaufend zusammensetzt.

Glatte Muskeln.

Glatte Muskelfasern besitzt die Zotte (Henle, Brücke) und zwar sowohl tiefliegende, das centrale Lymphgefäss der Länge nach mit ihren Zügen begleitende, deren Contraction also vornehmlich das letztere entleeren helfen muss, — als auch oberflächliche, mehr quer verlaufende.

Nerven.

Nerven dringen von dem Schleimhautplexus Meissner's in die Zotten ein, tragen im Verlaufe kleine gekörnte Ganglienzellen, und endigen theils an den Muskeln der Zotten und der Arterie, theils scheinen sie mit dem contractilen Protoplasma der Epithelien in Verbindung zu stehen, bis zu deren Kerne v. Thanhoffer feine marklose Fäden verfolgen zu können glaubt.

Die Epithelien des Dickdarmes besitzen keine saumartigen Randverdickungen.

Besondere, anfänglich von den Chylusgefässen getrennte Lymphgefässe führt die Serosa des Nahrungstractus (v. Winiwarter).

192. Resorption der verdauten Nährstoffe.

Die physikalischen Kräfte: Endosmose, Diffusion, Filtration.

Die Verdauungsproducte sind Lösungen.

Durch den Verdauungsprocess sind die sämmtlichen Nahrungsmittel in eine lösliche Form übergeführt mit Ausnahme eines Theiles der neutralen Fette, welcher in eine sehr feinkörnige Emulsion gebracht ist. Die Aufnahme aller dieser geht durch die Wandungen des Nahrungstractus hindurch bis in das Innere der Blutcapillaren der Schleimhaut oder in die Anfänge der Lymphgefässe vor sich. Bei diesem Uebergange der Flüssigkeiten kommen zunächst zwei physikalische Vorgänge in Betracht: Die Endosmose und Diffusion, sowie die Filtration.

Diffusion.

I. Die Endosmose und die Diffusion findet zwischen zwei solchen Flüssigkeiten statt, welche überhaupt einer innigen Vermischung fähig sind (wie z. B. Chlorwasserstoffsäure und Wasser), niemals jedoch zwischen zwei solchen, welche einer völligen Vermischung widerstreben (z. B. Oel und Wasser). Werden zwei der Vermischung fähige, ungleich zusammengesetzte Flüssigkeiten durch eine Scheidewand, welche mit physikalischen Poren (wie sie selbst an scheinbar völlig homogenen Membranen vorkommen), ausgestattet ist, von einander getrennt, so findet ein Austausch der Bestandtheile durch die Poren der Scheidewand hindurch statt, bis endlich beide Flüssigkeiten gleiche Mischungsverhältnisse darbieten. Man nennt diesen Vorgang des Flüssigkeitsaustausches die Endosmose oder Diosmose. Der endosmotische Uebergang einer Substanz durch die Membran findet statt, wenn jenseits derselben eine den Körper auflösende Flüssigkeit vorhanden ist, welche anziehend auf ihn einwirkt.

Endosmose.

Bedenkt man nun, dass innerhalb des Nahrungstractus relativ concentrirte Lösungen sämmtlicher durch den Verdauungsprocess aufgelöster Ernährungsmaterialien sich befinden: Pepton-, Zucker-, Seifen- und Salz-Auflösungen, während getrennt durch die poröse Schleimhaut und die Membran der Blut- und Lymphcapillaren die an diesen Substanzen relativ arme Blut- und Lymphflüssigkeit fliesst, so ist es erklärlich, dass von den verdauten Lösungen im Darme ein endosmotischer Strom in die Blut- und Lymphgefässe hinüber stattfindet.

Sind die beiden mischbaren Flüssigkeiten innerhalb eines Gefässes einfach übereinander geschichtet, ohne dass eine poröse Zwischenwand dieselben trennt, so findet gleichfalls ein Austausch der Flüssigkeitstheilchen unter einander statt, bis die ganze Masse eine gleichmässige Mischung erhalten hat. Diesen Austausch der Flüssigkeiten ohne zwischengelagerte poröse Scheidewand nennt man Diffusion.

Einflüsse auf die Diffusion.

Die Untersuchungen von Graham haben gelehrt, dass verschiedene Einflüsse auf die Schnelligkeit der Diffusion einwirken können. 1. Zuerst ist die Natur der flüssigen Substanzen von grossem Einfluss: am schnellsten gehen über die Säuren, langsamer die Alkalisalze, am langsamsten flüssiges Eiweiss, Leim, Gummi, Dextrin, Kleisterlösungen. Alle letztgenannten krystallisiren nicht, stellen wahrscheinlich auch gar keine echten Lösungen dar, sondern sind nur Quellungen. — 2. Je concentrirter die Lösungen sind, um so beträchtlicher ist die Diffusion. — 3. Die Wärme befördert, Abkühlung verzögert dieselbe. — 4. Vermischt man die Lösung eines schwer diffundirbaren Körpers mit einem leicht diffundirbaren, so diffundirt der schwer diffundirbare noch schwerer. — 5. Verdünnte Lösungen verschiedener Stoffe diffundiren ohne Störung in einander, concentrirte jedoch verlangsamen sich gegenseitig. 6. Doppelsalze, von denen der eine Bestandtheil leichter, der andere schwerer diffundirt, können sogar durch die Diffusion chemisch getrennt werden.

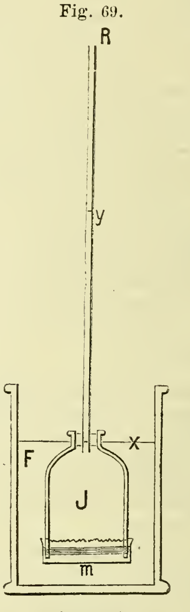
Die Endosmose ist unabhängig vom hydrostatischen Druck.

Bei dem endosmotischen Flüssigkeitsaustausch erfolgt der Uebertritt der Flüssigkeitstheilchen unabhängig vom hydrostatischen Druck. Die umstehende Figur gibt uns ein anschauliches Bild für den endosmotischen Austausch. Ein Cylinderglas ist mit destillirtem Wasser angefüllt;

innerhalb des Wassers wird in passender Höhe eingetaucht gehalten eine Flasche (J) mit abgesprengtem Boden, die an Stelle des letzteren mit einer Membran (m) fest umbunden ist. In dem Halse der Flasche fest eingekorkt ragt eine Glasröhre (R) empor. Die Flasche ist bis zum Anfange der Glasröhre mit einer concentrirten Salzlösung angefüllt. Die Flasche wird so weit in das Cylinderglas hinein gehalten, dass beide Flüssigkeiten in gleichem Niveau (x) stehen. Alsbald findet nun ein Steigen der Flüssigkeit in der Röhre (R) statt, weil Wassertheilchen durch die Membran in die concentrirte Salzlösung der Flasche hinübertreten und zwar unabhängig vom hydrostatischen Drucke.

Auch umgekehrt wandern Theilchen der concentrirten Salzlösung aus der Flasche in das Innere des Cylinders, mit dem Wasser (F) sich mischend. Diese Wechselströmung dauert so lange, bis in der Flasche und in dem Cylinder eine völlig gleiche Mischung sich befindet. Hierbei ist bis zuletzt das Niveau der Flüssigkeit stets höher in der Röhre (bis y) gestiegen, im Cylinder ist es gefallen.

Fig. 69.



Apparat für die Diosmose.

Der Umstand, dass das Niveau der Flüssigkeit innerhalb der Röhre so hoch emporsteigen und sich hier halten kann, rührt daher, dass die Poren der Membran zu fein sind, als dass ein hydrostatischer Druck durch dieselben hindurch wirken könnte. Daher nennt man die Endosmose eben einen Austausch von Flüssigkeitstheilchen unabhängig vom hydrostatischen Drucke.

Die Ueberlegung zeigt, dass, wenn bei einem Endosmose-Versuche ähnlicher Art das Wasser des Cylinders von Zeit zu Zeit erneuert wird, die Lösung in der Flasche stets diluirter werden muss, bis schliesslich in der Flasche J und im Cylinder F nur reines Wasser ist.

Endosmotisches Aequivalent.

Endosmotisches Aequivalent. Es hat sich gezeigt, dass bei den Endosmose-Versuchen gleiche Gewichtstheile verschiedener in der Flasche vorhandenen Flüssigkeiten oder löslicher Substanzen (die an der feuchten Fläche der Blase im Innern der Flasche alsbald zu concentrirten Lösungen zerfliessen, wie z. B. Kochsalz) eine verschieden grosse Menge destillirten Wassers durch die Blase zu sich hinüberziehen, so dass schliesslich, wenn mit der Erneuerung des Cylinderwassers stetig fortgefahren wird, eine verschieden grosse Masse destillirten Wassers innerhalb der Flasche ist. Mit anderen Worten: es zeigt sich, dass ein bestimmtes Gewichtstheil einer löslichen Substanz (in der Flasche) gegen einen ganz bestimmten Gewichtstheil destillirten Wassers endosmotisch sich ausgetauscht hat. Diejenige Zahl, welche angibt, wie viele Gewichtstheile destillirten Wassers für einen bestimmten Gewichtstheil einer löslichen Substanz in die Endosmose-Flasche hinübertreten, hat Jolly das endosmotische Aequivalent genannt. Für ein Gramm Alkohol fanden sich so 4,2 Gramm Wasser ausgetauscht, — an Stelle von 1 Gr. Kochsalz waren 4,3 Gr. Wasser in die Flasche hinübergetreten. Das endosmotische Aequivalent ist für die folgenden Substanzen:

Saures schwefelsaures Kalium	= 2,3	Schwefelsaures Magnesium .	= 11,7
Kochsalz	= 4,3	Schwefelsaures Kalium . .	= 12,0
Zucker	= 7,1	Schwefelsäure-Hydrat . . .	= 0,39
Schwefelsaures Natrium . .	= 11,6	Kali-Hydrat	= 215,0

Die Mengen der innerhalb gleicher Zeiten durch die Membran in das Wasser des Cylinders hinübertretenden Substanz ist proportional dem Concentrationsgrade der Lösung (Vierordt). Wenn man daher das Wasser innerhalb des Cylinders häufig erneuert, so ist der Verlauf der endosmotischen Ausgleichung ein beschleunigter. — Je grösser ferner die Poren der Membran, und je kleiner die Moleküle der gelösten Substanz sind, um so schneller erfolgt die Endosmose. So kommt es, dass die Geschwindigkeit, mit welcher die Endosmose erfolgt, für die verschiedenen Substanzen verschieden gross ist. So verhalten sich diese Geschwindigkeiten von Zucker, schwefelsaurem Natrium, Kochsalz und Harnstoff wie 1:1,1 : 5 : 9,5 (Eckhard, Hoffmann).

Einflüsse auf das endosmotische Aequivalent.

Das endosmotische Aequivalent für eine jede Substanz ist jedoch keine constante Grösse. Von Einfluss auf die Grösse desselben sind: 1. Die Temperatur, mit deren Steigerung im Allgemeinen das endosmotische Aequivalent zunimmt. — 2. Es haben C. Ludwig und Cloëtta nachgewiesen, dass die Grösse des endosmotischen Aequivalentes mit dem Concentrationsgrade der durchtretenden Lösungen ein wechselndes ist, für verdünnte Lösungen der Substanzen ist es grösser.

Befindet sich innerhalb des Cylinders anstatt des Wassers eine Lösung einer anderen Substanz, so findet von beiden Seiten ein endosmotischer Strom statt bis eine völlige Ausgleichung erzielt ist. Hierbei zeigt sich, dass diese entgegengesetzten Ströme concentrirter Lösungen störend auf einander einwirken. — Befinden sich jedoch in der Flasche zwei gelöste Substanzen zugleich, so diffundiren beide gegen das Wasser, ohne einander zu stören. 3. Das endosmotische Aequivalent ist verschieden gross bei Anwendung verschiedenartiger poröser Scheidewände. Kochsalz, welches bei Anwendung von Schweinsblase das endosmotische Aequivalent 4,3 hat, besitzt ein solches bei Anwendung von Rindsblase = 6,4, — von Schwimmblase = 2,9, — von Collodiumhaut = 10,2 (Harzer).

Colloide

Es gibt eine Reihe von flüssigen Substanzen, welche wegen der bedeutenden Grösse ihrer Moleküle durch die Poren einer Membran, welche mit gelatinösen schwer diffundirenden Substanzen imprägnirt sind, nicht oder nur schwer hindurch zu treten vermögen. Es sind dies Flüssigkeiten, die eigentlich die Substanz nicht in wahrer Lösung, sondern nur in sehr diluirt gequollenem Zustande enthalten. Solche Substanzen sind die flüssigen Albuminate, Kleisterlösungen, Dextrine, Gummischleime und Leim. Diese vermögen wohl allmählich durch Diffusion, ohne zwischenliegende poröse Scheidewand, in andere Flüssigkeiten überzutreten und sich zu mischen, — durch die Poren der gelatinös imprägnirten Membranen gehen sie endosmotisch jedoch gar nicht oder nur sehr schwer hindurch. Graham hat diese Stoffe Colloide genannt, weil sie in grösserer Concentration gelatineartig werden. Dieselben haben auch weiterhin durchgehends die Eigenschaft, nicht zu krystallisiren, — während die krystallinischen, Krystalloide genannt, endosmotisch ausgetauscht werden. Man hat also in dem endosmotischen Apparate ein Werkzeug, um aus Gemengen von Krystalloiden und Colloiden eine Trennung zu bewirken, welche von Graham „Dialyse" genannt wird. Werden zu den colloiden Substanzen Mineralsalze hinzu gesetzt, so steigert sich die Fähigkeit ihres Durchtrittes (Baranetzky).

und krystalloide Körper.

Endosmotische Vorgänge im Nahrungscanale.

Dass innerhalb des Nahrungscanales durch die Schleimhaut desselben und die zarten Membranen der Blut- und Lymphcapillaren hindurch eine Endosmose statthat, kann nicht bestritten werden. Auf der einen Seite der Membran, im Innern des Tractus befinden sich relativ concentrirte wässerige Lösungen von Salzen, Zucker, Seifen, Peptonen, welchen sämmtlich ein leichtes Diffusionsvermögen zukommt. Auf der Innenseite der Gefässe ist die colloide, so gut wie gar nicht diffusionsfähige Eiweisslösung des Blutes und der Lymphe, die an den gelösten Stoffen innerhalb des Nahrungsrohres arm ist, namentlich im Hungerzustande.

Filtration.

II. Die Filtration ist das Hindurchtreten von Flüssigkeit durch die gröberen intermolekulären Poren einer Membran abhängig vom Drucke. Je höher der letztere ist, und je grösser und reichhaltiger die Poren sind, um so schneller geht das Filtrat durch die Poren der Membran hindurch, — ebenso beschleunigt eine Steigerung der Temperatur die Filtration. Es filtriren ferner diejenigen Flüssigkeiten am leichtesten, welche am schnellsten die betreffende Membran imbibiren; es sind daher verschiedene Flüssigkeiten durch verschiedene Membranen verschieden leicht durchgängig. Je grösser ferner die Concentration der Lösungen ist, um so langsamer erfolgt im Allgemeinen der Durchtritt. Das Filtrum hat die Eigenschaft, aus den durchtretenden Lösungen zum Theil Stoffe zurückzubehalten, und zwar entweder die in der Flüssigkeit gelösten Substanzen (namentlich Colloidsubstanzen), — oder Wasser (bei dünnen Salpeterlösungen). Im ersteren Falle ist das Filtrat verdünnter, im letzteren concentrirter, als die Flüssigkeit vor dem Durchtritte war. Andere Substanzen gehen ohne wesentliche Aenderung der Concentration durch. — Manche Membranen zeigen einen Unterschied, je nachdem man von ihren verschiedenen Flächen aus durch dieselben filtrirt; so lässt die Membrana testacea des Eies nur in der Richtung von Aussen nach Innen durchfiltriren. Auch an der Schleimhaut des Magens und des Darmes zeigt sich ein Unterschied.

Filtration im Darmcanale.

Eine Filtration der gelösten Substanzen vom Rohre des Verdauungscanales aus gegen die Gefässe hin kann dann statthaben: 1. wenn sich der Darm contrahirt und somit auf den Inhalt direct einen Druck ausübt. Es würde dies besonders dann möglich sein, wenn an zwei Stellen das Rohr sich verengte und nun die Musculatur zwischen diesen Stellen durch Contraction auf den flüssigen Darminhalt drückte. — 2. Eine Filtration unter negativem Druck kann durch die Zotten vermittelt werden (Brücke). Wenn sich nämlich diese energisch zusammenziehen, so entleeren sie centripetal den Inhalt der Blut- und Lymphgefässe. Namentlich die letzteren werden nun entleert bleiben, da der Chylus in den feinen Chylusgefässen von den zahlreichen Klappen am Zurückströmen verhindert wird. Gehen nunmehr die Zotten wieder in den erschlafften Zustand über, so werden sie sich mit den filtrationsfähigen Flüssigkeiten des Tractus vollsaugen können.

193. Resorbirende Thätigkeit der Wandung des Nahrungscanales.

Die Verdauung liefert von den Nahrungsmitteln theils echte Lösungen, theils fein vertheilte Emulsionen, deren sehr kleine Fettkörnchen mit einer eiweissartigen Hülle (Haptogen-Membran) umgeben sind, wodurch dieselben eine grosse Beständigkeit gewinnen. Zum Theil können noch unverwandelte Colloidsubstanzen im Nahrungsrohre verweilen.

I. **Aufnahme der Lösungen.** Die echten Lösungen können durch Endosmose in das Blut und die Lymphe des Darmrohres übertreten.

Aufnahme der anorganischen Substanzen.

1. Die anorganischen Substanzen: Wasser, ferner die zur Ernährung nothwendigen gelösten Salze, gelangen meist leicht zur Resorption. Bei der Aufnahme der Salzlösungen

muss natürlich Wasser aus den Darmgefässen in den Darm treten, während die Salzlösungen in die Gefässe gelangen. Diese Wassermenge ist jedoch bei dem geringen endosmotischen Aequivalent der aufzunehmenden Salze nur gering. Salze werden aus concentrirten Lösungen reichlicher resorbirt, als aus verdünnten (Funke). Werden jedoch in den Darm grössere Mengen von Salzen mit hohem endosmotischen Aequivalent gebracht, z. B. schwefelsaure Magnesia und schwefelsaures Natron, so tritt viel Wasser in den Darm über und es erfolgt Durchfall (Buchheim). Umgekehrt ist ersichtlich, dass bei Einspritzung dieser Stoffe in's Blut reichliches Darmwasser dem Blute zuströmt, so dass Verstopfung entsteht in Folge von grosser Trockenheit des Darminnern (Aubert).

Auch manche andere anorganische Substanzen, welche nicht als solche Bestandtheile des Körpers sind, gelangen zur Resorption durch Endosmose: Jodkalium, chlorsaures Kalium, Bromkalium und viele andere Salze, ebenso verdünnte Schwefelsäure.

Die Kohlehydrate.

2. Die gelösten Kohlehydrate haben in den Zuckerarten und zwar hauptsächlich in dem mit relativ hohem endosmotischen Aequivalente ausgestatteten Traubenzucker ihren Hauptvertreter (da sich Rohrzucker grösstentheils durch ein eigenes Ferment in Traubenzucker verwandelt. Zum geringen Theil wird durch die Verdauungsvorgänge vielleicht sogar auch die Cellulose in Traubenzucker übergeführt). Die Aufsaugung scheint relativ langsam zu erfolgen, da man zur Zeit stets nur sehr geringe Mengen Traubenzucker in den Chylusgefässen und in der Pfortader findet. Nach v. Mering wird der Zucker vom Darme aus durch die Vena portarum resorbirt; [Kochen mit verdünnter Schwefelsäure vermehrt die Masse des Zuckers in diesem Blute (Naunyn)]. Die Menge des resorbirten Zuckers richtet sich nach der Concentration seiner Lösung im Darme; daher steigt der Zuckergehalt des Blutes nach reicher Zuckerkost (C. Schmidt und v. Becker), so dass er sogar in den Harn übertreten kann, wozu eine gegen 0,6% starke Lösung von Zucker im Blute nothwendig ist (Lehmann und Uhle). Auch Rohrzucker ist in geringen Mengen im Blute gefunden worden (Cl. Bernard, Hoppe-Seyler).

Die Peptone.

3. Die Peptone besitzen ein kleines endosmotisches Aequivalent (Funke), es ist bei 2—9%. Lösungen = 7—10. Sie können wegen ihrer leichten Diffundir- und Filtrirbarkeit schnell resorbirt werden, sie stellen zweifellos das Hauptcontingent der zur Aufsaugung bestimmten Albuminate dar. Die zur Resorption gelangende Menge steigt mit der Concentration der Peptonlösung im Darme. Die Peptone können sowohl in die Blut- als auch in die Chylusgefässe übergehen, sie reichen allein von allen Eiweisskörpern zur Erhaltung des Körpergleichgewichtes aus, da Thiere, nur mit Pepton gefüttert,

(neben dem nöthigen Fett oder Zucker) sich wohl zu erhalten vermögen (Maly, Plósz und Györgyai). Im Blute der Pfortader und in den Chylusgefässen hat man bis dahin Peptone mit Sicherheit, wenn überhaupt, dann immer nur in geringen Mengen (Drosdoff), wiederfinden können. Es ist daher anzunehmen, dass sie entweder in echte Eiweisskörper schnell zurückverwandelt werden, oder dass sie zum Theil andere Umsetzungen erfahren, worüber bis dahin Aufschlüsse fehlen. Da sie aber sämmtlichen Stoffwechsel der Eiweisskörper des Leibes decken können, so ist ihre Zurückführung in Albuminate anzunehmen. Nach Unterbindung des Ductus thoracicus werden die Peptone allein durch die Blutgefässe resorbirt (A. Schmidt-Mülheim).

Unveränderte Eiweisskörper.

4. Unveränderte genuine Eiweisskörper lassen sich sehr schwer filtriren, wobei noch viel Eiweiss auf dem Filter zurückbleibt. Wegen ihres grossen endosmotischen Aequivalentes gehen sie äusserst schwer und meist nur spurweise durch die Membranen. Nichtsdestoweniger ist es als sicher erwiesen, dass unveränderte Eiweisskörper zur Resorption gelangen können (Brücke): Casein, gelöstes Myosin, Alkalialbuminat, mit Kochsalz vermischtes Eiereiweiss, Leim (Voit, Bauer, Eichhorst); ihre Resorption erfolgt sogar von der Dickdarmschleimhaut aus (Czerny, Latschenberger); doch dürfte der Dickdarm beim Menschen im Ganzen nur gegen 6 Gr. Eiweiss täglich resorbiren. Immerhin ist anzunehmen, dass die Menge des resorbirten unveränderten Eiweisses entschieden der der Peptone nachsteht.

Nicht resorbirt werden Eieralbumin ohne Kochsalz, Syntonin, Serumeiweiss und Fibrin (Eichhorst). — Ich habe an einem jungen Manne schon vor vielen Jahren die Beobachtung gemacht, dass, nachdem derselbe 14—20 Eiereiweisse mit Kochsalz zu sich nahm, derselbe nach 4—10 Stunden Eiweiss durch den Harn entleerte. Bis zum 3. Tage stieg die Eiweissausscheidung, ward dann geringer und hörte am 5. Tage auf. Je mehr Eiweiss genossen war, um so früher trat die Albuminurie auf und um so länger dauerte sie. Es handelt sich in diesem Falle offenbar um reichlichere Aufnahme unveränderten Eiereiweisses in die Blutbahn. Wird dieses Thieren direct in die Blutbahn eingespritzt, so geht es theilweise in den Harn über (pg. 73) (Stokes, Lehmann).

Seifen.

5. Die löslichen Fettseifen stellen jedenfalls nur einen Bruchtheil der zur Aufnahme gelangenden Fette der Nahrung dar; der grösste Theil der neutralen Fette wird in Form feinkörniger Emulsion aufgenommen. Man hat die resorbirten Seifen im Chylus aufgefunden; und aus dem Umstande, dass auch das Pfortaderblut zur Resorptionszeit reicher an Seifen ist, als im Hungerzustande, hat man auf eine Resorption der Seifen seitens der Darmcapillaren geschlossen. Die Untersuchungen von Lenz, Bidder und Schmidt machen es wahrscheinlich, dass der Organismus innerhalb einer gewissen Zeit stets nur eine begrenzte Menge Fett aufzunehmen vermag, die vielleicht zu dem Quantum der Galle und des Pancreas-Secretes

in einem Verhältnisse stehen mag. Darüber hinaus wird kein Fett mehr resorbirt. So fand man pro 1 Kilo Katze stündlich 0,6 Gramm Fett als Aufnahme-Maximum.

Es scheint, als wenn die Seifen mit Glycerin selbst schon im Parenchym der Zotte wieder zu neutralem Fette zusammentreten können, wie es Perewoznikoff nach Injection dieser beiden Componenten in den Darmcanal gefunden zu haben angibt. Vielleicht erklärt sich auch so die Angabe von Bruch, der Fettkörnchen innerhalb der Blutcapillargefässe der Zotten antraf.

Verhalten verschiedener Stoffe.

Von sonstigen gelösten Stoffen, die in den Darmtractus gelangen, werden einige resorbirt, andere nicht. Resorbirt wird z. B. der Alkohol (der weiterhin in den Harn [nicht in die exspirirte Luft], soweit er im Körper keine Umwandlung in CO_2 und H_2O erfährt, übergeht), — Weinsäure, Citronensäure, Aepfelsäure, Milchsäure. Ferner Glycerin, Inulin (Komanos); von Gummi und Pflanzenschleim, welche eine Glycogenbildung in der Leber veranlassen, wohl nur unbekannte Zersetzungsproducte.

Von Farbstoffen wird Alizarin (aus Krapp), Alkanna, sowie Indigoschwefelsäure aufgenommen; andere zum Theil, wie Hämatin; Chlorophyll wird nicht resorbirt. Metallsalze scheinen durch überschüssige Albuminate in Lösung gehalten und mit diesen zugleich resorbirt zu werden (schwefelsaures Eisen ist im Chylus gefunden), um zum Theil durch das Blut der Pfortvene der Leber zugeführt zu werden. — Zahlreiche Gifte erfahren eine schleunige Aufnahme, so die Blausäure nach wenigen Secunden; Cyankalium fand man im Chylus.

Aufnahme körniger Substanzen.

II. Aufnahme kleinster Körnchen. Der grösste Theil der Fette wird in Form einer feinkörnigen Emulsion zur Resorption gebracht, welche der Pancreassaft und die Galle dargestellt haben. Die Fette selbst sind dabei chemisch unverändert, noch unzerlegte neutrale Fette; doch scheinen die einzelnen Körnchen mit einer zarten Eiweissmembran, die zum Theil aus dem pancreatischen Safte stammt (Haptogenmembran) umgeben zu sein. Bei der Aufnahme der Fettemulsionen betheiligen sich in erster Linie und im ausgedehntesten Massstabe die Zotten des Dünndarmes; aber auch die Epithelien des Magens, sowie die des Dickdarmes haben daran Antheil. An den Zotten sieht man nun die Fettkörnchen — 1. innerhalb der zarten Porencanälchen (? Vgl. 191) der Deckelmembranen (Kölliker), welche sie nur in Form feinster Körnchen durchsetzen können. — 2. Weiterhin enthalten die Epithelzellen innerhalb ihres ganzen Protoplasmas zur Zeit der lebhaftesten Resorption eine grosse Anzahl von Körnchen verschiedener Grösse, mitunter sogar in grösseren Tröpfchen. Der Kern selbst bleibt frei von ihnen, doch ist derselbe vielfach durch die zahllosen Fettkörnchen so umlagert, dass er sich dem Blicke entzieht. — 3. Im Innern des Zottenparenchyms selbst durchziehen die Körnchen in grossen Massen die vielfach verbundenen Wege der Lücken des reticulären Gewebes. Nicht selten, bei noch sparsamer Aufnahme, lagern die Körnchen wie in netzförmig zusammenhängenden Bahnen, bald scheinen sie in vereinzelten langen bandartigen Streifen eingesogen zu werden, bald endlich scheint das ganze

Beobachtung an den Zotten während der Fettresorption.

Zottenparenchym reichlichst von zahllosen Körnchen völlig durchsetzt. — 4. Weiterhin in der Axe der Zotte erscheint das centrale Lymphgefäss von Fettkörnchen erfüllt.

Der Fettgehalt des Chylus ist beim Hunde nach reicher Fettfütterung 8—15%. Aus dem Blute verschwindet das Fett innerhalb 30 Stunden wieder.

Active Thätigkeit der Zotten bei der Aufnahme der Körnchen.

Rücksichtlich der Kräfte, welche die Resorption der Fetttröpfchen bewirken, ist zwar durch v. Wistinghausen festgestellt, dass eine Benetzung der porösen Membranen mit Galle den Durchgang der Fettkörnchen erleichtern kann, allein diese Thatsache erklärt nicht hinreichend die reichliche und schleunige Aufnahme. Es scheint das Wahrscheinlichste zu sein, dass das Protoplasma der Epithelzellen des Nahrungstractus durch seine Eigenbewegung sich der Fettkörnchen bemächtigt und diese zunächst activ in sich hineinzieht. Ein Aussenden zarter Protoplasmafäden vom Zellkörper aus würde in ähnlicher Weise statthaben, wie bei den niederen Organismen, den Amöben, die Aufnahme und das Heranziehen körnchenartiger Nahrungsstoffe geschieht. Auch bei den Bechern ist wegen des Offenstehens des Zelleinganges die Aufnahme möglich. Das Protoplasma der Epithelien steht mit den innerhalb des Reticulums der Zotte zahlreich vorhandenen protoplasmatischen Lymphoidzellen in directer Communication. Somit kann eine Ueberführung der Körnchen in diese, und endlich von letzteren (? durch die Stomata zwischen den Endothelzellen) in das centrale Lymphgefäss der Zotte stattfinden. Der Vorgang der Körnchenaufnahme, — und vielleicht verhält es sich zum Theil ähnlich mit den genuinen Eiweisskörpern, — wird hierdurch als eine völlig active, vitale, hingestellt, wozu die Beobachtungen von Brücke und von v. Thanhoffer hinreichend Anhalte geben, sowie die Beobachtung Grünhagen's, dass die Aufnahme der Fettkörnchen bei Fröschen am schnellsten vor sich gehe bei einer Temperatur, bei welcher die Bewegungserscheinungen des Protoplasmas am lebhaftesten sind. Es ist in der That die Annahme einer einfach physikalischen Filtration der Körnchen in das Zottengewebe hinein kaum allein noch zulässig.

Ich habe mich mit Sommer durch die Untersuchung der im Darmcanale des Menschen lebenden Bandwürmer, Bothriocephalus und Taenia, welche völlig darmlos sind und sich lediglich durch Resorption der verdauten Nahrungsstoffe aus dem Darm des Menschen durch ihre äussere Haut hindurch ernähren, davon überzeugt, dass bei ihrer Nahrungsaufnahme ähnliche Verhältnisse vorwalten. Sie besitzen nämlich zahlreiche Porencanälchen in ihrer äusseren Haut, durch welche sie zarte Protoplasmafäden der subcuticulären Zellen hindurch nach aussen entsenden, vermittelst derer sie unter amöboiden Bewegungen die Aufnahme ihrer Nährstoffe bewerkstelligen.

Die Angabe früherer Forscher, dass feinkörnige Stoffe, wie Kohlenstaub, Pigmentkörnchen, ja selbst (bei Fröschen) Säugethierblutkörperchen von den Epithelzellen des Darmes aufgenommen und ins Blut übergeführt werden können, beruht auf Irrthum.

Uebrigens dürfte die rein physikalische Auffassung betreffs der Resorption auch der völlig flüssigen Substanzen durch Endosmose und Filtration kaum

allein ausreichend sein. Es scheint auch hier eine active Betheiligung des Protoplasmas der Zellen wenigstens mitbetheiligt zu sein, denn nur so kann es sich erklären lassen, wie sogar leichte Störungen in der Thätigkeit dieser Zellen z. B. durch Katarrhe des Nahrungsrohres, plötzlich erhebliche Abweichungen der Resorption, ja sogar Flüssigkeitsabgabe in den Darm hinein zur Folge haben.

194. Einfluss des Nervensystemes.

Vom Einflusse des Nervensystemes auf die Vorgänge der Resorption im Verdauungstractus ist wenig mit Sicherheit bekannt. Nach Exstirpation der grossen sympathischen Unterleibsganglien (Budge), sowie nach Durchschneidung der Mesenterialnervenfäden (Moreau) ist der Darminhalt reichlich und dünnflüssig. Dies mag zum Theil auf mangelhafte Resorption zu beziehen sein, wiewohl noch nicht mit Sicherheit abzugrenzen ist, inwieweit Transsudation seitens der Gefässe in den Darm hinein hierbei mitgewirkt. Von besonderem Interesse ist die Beobachtung von v. Thanhoffer, welcher das Spiel der ausgesendeten Fäden aus dem Protoplasma der Epithelzellen des Dünndarms nur sah, nachdem längere Zeit vorher die Medulla spinalis, oblongata oder die Dorsalnerven zerschnitten waren. (Vgl. pg. 345.)

195. Ernährung durch „ernährende Klystiere“.

In solchen verzweiflungsvollen Fällen, in denen beim Menschen die Aufnahme der Nahrung durch den Mund unmöglich ist, wie etwa bei Stricturen oder Geschwülsten im Oesophagus, bei anhaltendem Erbrechen u. dgl., hat man nach dem Vorgange von Corn. Celsus (3—5 n. Chr.) an eine Ernährung vom Mastdarm aus gedacht. Da eine verdauende Thätigkeit des Dickdarmes fast gar nicht statthat, so wird man in erster Linie flüssige Massen als resorptionsfähig am besten durch ein langes Trichterrohr vermöge ihrer eigenen Schwere langsam in den After einlaufen lassen. Der Empfänger muss möglichst lange die Massen zurückzuhalten sich bestreben. Bei langsamem und allmählichen Einfliessen geräth die Flüssigkeit mitunter sogar über die Bauhin'sche Klappe hinaus.

Zur Benutzung empfiehlt sich Traubenzuckerlösung, vielleicht auch etwas Seifenlösung; — von N-haltigen Substanzen Peptonlösung, — weniger gut fettarme Milch (Buttermilch), Eiereiweiss mit Kochsalz. Leube bringt ein breiiges Gemisch von 150 gr. Fleisch mit 50 gr. gerötheter Pancreassubstanz und 100 gr. Wasser in den Mastdarm, woselbst nun die Eiweisskörper peptonisirt und resorbirt werden sollen. Die durch ernährende Klystiere gewährte Nahrungsverabreichung bleibt stets nur eine unvollkommene.

196. System der Chylus- und Lymphgefässe.

Innerhalb der Gewebe des Körpers und zwar auch derjenigen, welche besonderer Blutgefässe entbehren (Cornea) oder doch arm an ihnen sind, findet sich ein System saftführender Gefässe, innerhalb derer die Bewegung nur eine centripetale ist. Die Epithelien scheinen dieser Canäle nicht theilhaftig zu sein. Sie beginnen innerhalb der Parenchyme der Organe in sehr verschiedener Weise, vereinigen sich im Verlaufe zu zarten, dann dickeren Röhren, welche in zwei grösseren Stämmen in die Vereinigungsstelle der Vena jugularis communis und

der Subclavia einmünden: links der Ductus thoracicus, rechts der Truncus lymphaticus dexter.

Bedeutung des lymphatischen Systemes.

Rücksichtlich der Bedeutung der Lymphe und ihrer Bewegung in den verschiedenen Organen ist zu bemerken, dass diese an den einzelnen Orten in verschiedener Weise hervortritt. 1. In manchen Geweben stellen die Lymphgänge entschieden die Ernährungsbahnen dar, durch welche der von benachbarten Blutgefässen abgegebene Ernährungssaft vertheilt wird, wie namentlich in der Hornhaut und vielfach innerhalb der Stützsubstanzen. — 2. Für manche Gewebe, wie für die Drüsen, wie die Speicheldrüsen (Gianuzzi) und die Hoden liefern die Lymphräume die ersten Flüssigkeitsreservoire, aus denen sich die zelligen Elemente zur Zeit der Absonderung ihre nothwendige Flüssigkeit aneignen und entnehmen. — 3. Zudem haben überall die Lymphgefässe die Aufgabe, die Durchtränkungsflüssigkeit der Gewebe zu sammeln und sie zum Blute wieder zurückzuführen. Betrachtet man in dieser Richtung das Blutcapillarnetz als ein Durchrieselungssystem, welches den Geweben die ernährenden Flüssigkeiten zuführt, so kann das Lymphgefässsystem als ein Drainageapparat betrachtet werden, der die durchgesickerten Flüssigkeiten wieder ableitet. Umsetzungsproducte der Gewebe, Erzeugnisse der regressiven Stoffmetamorphose werden sich diesem Rückstrome beigesellen. Die Lymphbahnen sind somit zugleich resorbirende Gefässe: Stoffe, die anderweitig den Parenchymen der Gewebe zugeführt waren, werden somit auch durch das Lymphsystem resorbirt.

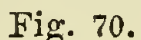
Eine Ueberlegung dieser Verhältnisse zeigt, dass das System der Lymphbahnen eigentlich nur einen Appendix der Blutbahnen darstellt, dass ferner das Lymphsystem überhaupt gar nicht in Thätigkeit sein kann, wenn die Blutbewegung total unterbrochen ist; es arbeitet eben nur wie ein Theil am Ganzen und mit dem Ganzen.

Wenn man den eigentlichen Lymphgefässen die Chylusgefässe gegenüberstellt, so geschieht dies vorzugsweise aus anatomischen Gründen, weil die wichtigen und bedeutenden Bahnen dieser vom gesammten Intestinaltractus herkommenden Gefässe als eine gewissermassen ziemlich selbstständige Provinz des lymphatischen Gefässgebietes mit ganz vorwiegend resorbirender Thätigkeit seit Alters in hervorragender Weise die Aufmerksamkeit der Forscher auf sich gezogen haben. Dazu kommt, dass ihr Saft durch die reichhaltige Beimischung von Fetttröpfchen weiss gefärbt, als Chylus oder Milchsaft sich auf den ersten Blick wesentlich von dem wasserklaren Fluidum der echten Lymphgefässe zu unterscheiden schien. Von physiologischer Seite darf jedoch den Chylusgefässen keine Sonderstellung eingeräumt werden, sie sind nach Function und Bau wahre Lymphgefässe und ihr Saft ist nur eine durch den reichlichen Zugang resorbirter Stoffe vermischte echte Lymphe.

197. Ursprung der Lymphbahnen.

Die Ursprungstätten des lymphatischen Apparates sind innerhalb der verschiedenen Gewebe verschieden. Es sind die folgenden Entstehungsarten derselben bekannt geworden.

Fig. 70.



Ursprung der Lymphbahnen: *I* Vom Centrum tendineum des Kaninchens (halbschematisch): *s* die Saftspalten, bei *x* mit dem Lymphgefäss communicirend; — *a* Anfang des Lymphgefässes durch zusammentretende Saftspalten. — *II* Perivasculäre Lymphgefässe. — *III* Lymph-Stomata.

Saftcanälchen.

1. Entstehung vermittelst Saftspalten. Innerhalb der Stützsubstanzen (Bindegewebe, Knochen) befinden sich zahlreiche stern-

förmige oder vielgestaltige Lücken, welche durch zarte, röhrenförmige Ausläufer mit einander in Verbindung stehen (I. s). Innerhalb dieses Systemes communicirender Spalten befinden sich die zelligen Elemente dieser Gewebe; doch füllen sie dieselben keineswegs vollkommen aus, vielmehr befindet sich zwischen dem Zellkörper und der Wandung der Spalträume ein Zwischenraum, der je nach den Bewegungszuständen der protoplasmatischen Zellen von wechselnder Grösse ist. Diese Räume sind die sogenannten „Saftspalten“ oder „Saftcanälchen“ und stellen die Anfänge der Lymphgefässe dar (v. Recklinghausen). Da die benachbarten unter einander communiciren, so ist für die Fortbewegung der Lymphe gesorgt. Die in den Spalträumen liegenden Zellen (früher irrthümlich selbst für die Anfänge der Lymphgefässe gehalten (Virchow), sind der amöboiden Bewegung fähig. Zum Theil verweilen sie dauernd in ihren Höhlen (fixe Bindegewebszellen, Knochenkörperchen), zum Theil vermögen sie sogar active Wanderungen durch das Saftcanalsystem zu vollführen („Wanderzellen“). In mehr oder weniger grossen Abständen stehen nun diese Saftspalten mit den kleinsten röhrenförmigen Lymphgefässen in Verbindung, die man Lymphcapillaren nennt (I. L). Ihre Anfänge entstehen durch dichtere Aneinanderlagerung von Saftspalten an einander (I. a). Die Lymphcapillaren, meist an Caliber die Blutcapillaren deutlich übertreffend, liegen vorwiegend in dem Mittelraume zwischen den gebogen verlaufenden Blutcapillarschlingen (B). Sie werden aus zarten kernhaltigen Endothelzellen (e e) zusammengefügt, deren charakteristisch buchtige Verbindungsränder man durch Silbernitratlösung schwärzen kann. Zwischen den Endothelien befinden sich zerstreut Lücken, Stomata, beschränkte kleine Zwischenräume zwischen benachbarten Zellrändern, durch welche hindurch die Saftspalten mit dem Lymphcapillarröhrchen (bei x) in Verbindung stehen.

Es ist anzunehmen, dass das Blutgefässsystem mit den Saftspalten communicirt (Arnold, Thoma, Uskoff), dass somit aus den dünnwandigen Blutcapillaren Blutflüssigkeit sich in die Saftspalten ergiesst. Von letzteren aus unterhält dieser Saft die Ernährung der Gewebssubstanzen, indem die nothwendigen Bestandtheile selbstständig von den Geweben aufgenommen werden. Die verbrauchten Stoffe werden in die Saftspalten zurückgeleitet und gelangen weiterhin in die Lymphcapillaren, welche sie in letzter Instanz dem Venengebiete überliefern.

Inwieweit die zelligen Elemente innerhalb der Lymphspalten auf die Ergiessung des Blutplasmas und weiterhin auf die Weiterbeförderung desselben in die Lymphgefässe activ thätig sind, kann nur vermuthet werden. Es lässt sich denken, dass sie durch Contraction und Verkleinerung ihres Zellkörpers, sowie durch partielle Ortsveränderung von den dem Blutgefäss näheren Spaltraumbezirke aus nach dem der Lymphcapillare zugewandten, ansaugend auf den Erguss des Blutplasmas wirken könnten. Imbibiren sich sodann die Zellen selbst mit der ausgetretenen Flüssigkeit, so ist weiterhin die Vorstellung gestattet, dass sie dieselbe durch nachfolgende Contraction

nach einer bestimmten Richtung hin und zwar von Saftspalte zu Saftspalte gegen das Lymphcapillar hin auspressen. In Folge der selbstständigen Wanderungen der zelligen Elemente durch die Saftspalten hindurch bis in die geräumigeren Lymphbahnen können kleine Partikel, welche in den Saftspalten etwa enthalten sind (wie z. B. Farbstoffkörnchen, die beim Tätowiren der Haut in das Gewebe der geritzten Lederhaut eingerieben werden, — aber auch kleinste Fettkörnchen u. dgl.) und welche die Lymphoidzellen durch Amöboidbewegung in sich aufzunehmen vermögen, weiter befördert werden.

Nach dem, was über die Auswanderung weisser Lymphoidzellen aus der Blutbahn durch die Stomata zwischen den Endothelien der Capillaren oder durch die Wandungen kleinerer Gefässe, gesagt ist (vgl. 100), darf man vielleicht sogar die Wanderung zelliger Elemente aus dem Blutgefässsysteme in die Anfänge der Lymphwege als einen durchaus normalen Vorgang statuiren (E. Hering). Körnige Farbstoffe gelangen vom Blute aus in die protoplasmatischen Körper der Zellen in den Saftspalten; nur wenn die körnige Substanz in sehr grossen Massen vorhanden war, vertheilt sich dieselbe auch als körnige Injection in den Verästelungen der Saftspalten selber (Uskoff).

Chylusgefässe der Zotten.

2. Die Entstehung der Lymph- oder Chylusgefässe innerhalb der Zotten ist bei der Beschreibung dieser als resorbirender Organe gegeben worden. (Vgl. 191.) Der centrale Lymphraum steht hiernach durch die lacunären Interstitialräume des adenoiden Gewebes der Zotten-Stützsubstanz schliesslich in Verbindung mit dem Protoplasmakörper der Epithelzellen. Es wird anzunehmen sein, dass die in den Maschen des adenoiden Gewebes liegenden Lymphoidzellen weiterhin in den centralen Lymphraum hinübertreten (His), während vielleicht fortwährend neue Zellen aus den Blutcapillaren der Zotten wieder in das Gewebe hineinwandern, und vielleicht sich auch hier durch Theilung vervielfältigen.

Perivasculäre Räume.

3. Beginn der Lymphgefässe in Form perivasculärer Räume (Figur 70 II). Im Gewebe der Knochensubstanz, des centralen Nervensystems, der Leber sind die kleinsten Blutgefässe von weiteren Lymphröhren völlig umkleidet, so dass die Blutgefässe in den Lymphgefässen stecken wie die Finger im Handschuh. Im Gehirne sind diese Lymphröhrchen zum Theil aus zarten Bindesubstanzfäserchen zusammengesetzt, welche, theilweise das Lumen des Lymphcanales durchziehend, sich auf die Oberfläche des Blutgefässes stützen (Roth). Figur 70. II. B stellt ein kleines Blutgefäss (B) mit perivasculärem Lymphgefässe aus dem Gehirne im Querschnitte dar; p ist der durchsetzte Raum des Lymphgefässes. Ausser diesen sogenannten His'schen perivasculären Räumen kommen an den Hirngefässen noch Lymphräume innerhalb der Adventitia der Blutgefässe vor (Virchow-Robin'sche Räume). Zum Theil besitzen sie ein wohlausgebildetes Endothel. Im weiteren Verlaufe, wo die Gefässe an Caliber wesentlich zunehmen, durchbricht das Blutgefäss an einer Stelle die Wandung des Lymphgefässes und beide ziehen nunmehr getrennt neben einander weiter. Ueberall, wo die Lymphgefässe als

Scheiden perivasculär verlaufen, ist ein Uebertritt von Blutsaft und Lymphoidzellen in die Lymphbahn sehr erleichtert. Es mag besonders erwähnt werden, dass bei den Schildkröten selbst die grösseren Gefässe vielfach von den Lymphgefässen scheidenartig überzogen werden. In der Figur 70. II. A ist die sich theilende Aorta mit perivasculärem Lymphgefässe nach Gegenbauer gezeichnet. Es sind bei diesen Thieren dieselben Verhältnisse im Grossen, welche die Warmblüter nur mikroskopisch darbieten, und so könnte recht wohl die gegebene Abbildung auch für ein mikroskopisches Bild perivasculärer kleiner Lymphgefässe warmblütiger Thiere gelten.

Interstitiallücken als Lymphgefässursprünge.

4. Beginn in Form von Interstitiallücken innerhalb der Organe. In den Hoden beginnen die Lymphgefässe einfach in Form zahlreicher Lücken, welche zwischen den vielfachen Windungen und Knäuelungen der Samencanälchen sich vorfinden. Sie werden also hier die Gestalt langgestreckter, von den gebogenen cylinderischen Flächen der Röhrchen begrenzter Spalten darbieten. Die Begrenzungsflächen sind jedoch mit einem Endothele bekleidet. Erst jenseits des Hodenparenchyms hervortretend nehmen die Lymphgefässe selbstständige Röhrenwandungen an. In vielen anderen Drüsen findet man die Drüsensubstanz zunächst ebenso von Lymphräumen umgeben. In diese hinein ergiessen zuerst die Blutgefässe Lymphe, aus der die Secretionszellen das Material zur Bildung des Drüsensaftes entnehmen.

Stomata seröser Höhlen.

5. Beginn mittelst freier Stomata auf den Wandungen grösserer seröser Höhlen (Figur 70 III.). Durch die Untersuchungen von v. Recklinghausen, C. Ludwig, Dybkowsky, Schweigger-Seydel, Dogiel u. A. ist ermittelt worden, dass die alte Ansicht Mascagni's, dass die serösen Höhlen frei mit den Lymphgefässen communiciren, völlig zu Rechte bestehe. Bei Untersuchung seröser Häute (am leichtesten des Bauchfellüberzuges des grossen Lymphraumes beim Frosche), am besten nach einer Benetzung derselben mit Silbernitrat und nachfolgender Lichteinwirkung, findet man zerstreute relativ grössere freie Stomaöffnungen zwischen den Endothelzellen liegen. Gruppen von letzteren fassen das Stoma zwischen sich. Ein Theil, und wie es scheint bewegungsfähigen, Protoplasmas liegt in den das Stoma umgebenden Zellen dem Rande der Oeffnung unmittelbar an. Von dem Contractionszustande dieses scheint es abzuhängen, ob die Stomata weit geöffnet sind (a), oder halb geschlossen (b), oder völlig zusammengezogen (c) sind. Diese Stomata sind nun die Anfänge der Lymphcapillaren. Hiernach wären denn die serösen Hohlräume als lymphatische zu bezeichnen. Flüssigkeiten, in die serösen Höhlen gebracht, kommen daher mit Leichtigkeit in die Bahn der Lymphgefässe. Es haben sich so die Höhle des Peritoneums, der Pleuren und des Pericardiums, der Serosa des Hodens, ferner des Arachnoidalraumes, der Augenkammern (Schwalbe) und des Ohrlabyrinthes als echte Lymphhöhlen erwiesen; ihre Flüssigkeit ist als Lymphe zu bezeichnen.

Lymphgefässe.

Die sich an die Lymphcapillaren anschliessenden gröberen Lymphgefässe stehen in dem Bau ihrer Wandungen den gleich-

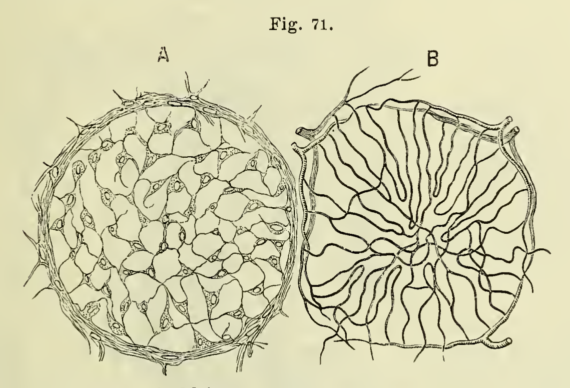
starken Venen ausserordentlich nahe. Besonders zu betonen ist das sehr zahlreiche Vorkommen von Klappen, welche so dicht hinter einander gestellt vorkommen, dass das strotzend gefüllte Lymphgefäss einer Perlschnur nicht unähnlich erscheint.

198. Die Lymphdrüsen.

Dem Lymphapparate eigenartig sind die sogenannten Lymphdrüsen (unpassender Weise als „Drüsen" bezeichnet, während sie eigentlich nur in die Röhrenbahnen der Gefässe eingeschaltete vielverzweigte lacunäre, aus adenoidem Gewebe zusammengefügte Labyrinthräume darstellen).

Man kann einfache und zusammengesetzte Lymphdrüsen unterscheiden.

Fig. 71.



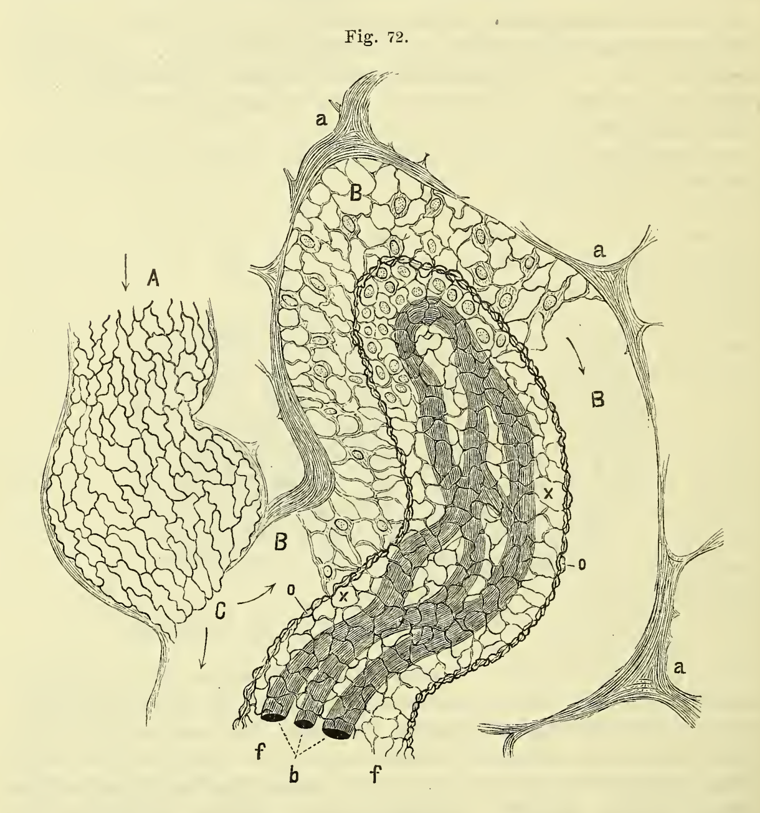
Zwei Lymphfollikel: *A* ein kleinerer stärker vergrössert mit dem Reticulum. — *B* ein grösserer schwächer vergrössert mit den Blutgefässen.

Einfache Lymphfollikel.

1. Die einfachen Lymphdrüsen, richtiger als einfache Lymphfollikel oder Balgfollikel bezeichnet, sind kleine kugelrunde, bis annähernd stecknadelkopfgrosse Bläschen. Sie bestehen durch und durch aus zarten, netzartig aneinander gefügten Elementen des reticulären Bindegewebes (Figur 71. A), in dessen Maschen Lymphsaft und Lymphoidzellen zahlreich vorhanden sind. An der Oberfläche verdichtet sich das Gewebe zu einer etwas mehr selbstständig hervortretenden Hülle, die jedoch in strengem Sinne nicht etwa eine Kapsel des Balges darstellt. Vielmehr ist auch diese Hülle noch vielfach von kleinen spongiösen Räumen des reticulären Gewebes durchsetzt. Kleine Lymphgefässe dringen überall bis unmittelbar an diese Lymphfollikel heran, oft grössere Bezirke ihrer Oberfläche mit reichen Netzen bedeckt haltend. Oft auch ist die Follikeloberfläche in der Wandung des Gefässes eingeschaltet, bald in kleinerer bald in grösserer Ausdehnung, so dass die Follikelfläche direct von der Lymphe des Gefässes bespült wird. Und wenn nun auch keine directe grössere Canalöffnung aus dem Lymphgefässrohre bis in die Innenräume des kugel-

förmigen Balges führt, so muss trotzdem eine Communication zwischen dem kleinen Lymphgefässe und Balgfollikel angenommen werden, die hinreichend durch die zahllosen Spalten der Follikelbegrenzung gegeben ist. So ist der Balgfollikel ein echter lymphatischer Apparat (Brücke), dessen Saft und Lymphoidzellen in die Bahnen der nächstliegenden Lymphgefässe übergehen können. Die Follikel sind an ihrer Oberfläche mit einem Gespinnste von Blutgefässen versehen, die auch

Fig. 72.



Theil einer Lymphdrüse: *A* Vas afferens, — *B B* Lymphbahn innerhalb des Drüsenhohlraumes, — *a a* Balken und Septa zur Begränzung der Drüsenhohlräume. — *ff* Follikularstrang des Hohlraumes, — *x x* dessen Reticulum, — *b* dessen Blutgefässe. — *o o* engegenetzte Grenze des Follikularstranges gegen die Lymphbahnen.

ihre feinen Aestchen und Capillaren durch den Binnenraum des Balges vielfach entsenden, innerhalb dessen sie an dem Reticulum ihre Stütze finden. Es ist anzunehmen, dass aus diesen Capillaren Lymphoidzellen in den Balg übertreten können.

Die Lymphdrüsen.

2. Die zusammengesetzten Lymphdrüsen (schlechtweg Lymphdrüsen genannt) stellen gewissermassen viele zusammengehäufte und in ihrer Gestalt veränderte Lymphfollikel dar. Eine

jede Lymphdrüse ist äusserlich umschlossen von einer bindegewebigen, reich mit glatten Muskelfasern (O. Heyfelder) durchsetzten Kapsel, von deren Innenfläche zahlreiche Scheidewände und Balken (a a) in das Innere des Drüsenkörpers eindringen, durch welche dieser in eine grosse Zahl kleinerer Abtheilungen zerlegt wird. Letztere besitzen im Bereiche der Rindensubstanz der Drüse eine mehr rundliche Gestalt (Alveolen), in dem Marke eine mehr längliche, wurstförmige (Markräume). Alle aber sind von gleicher Dignität, und alle stehen durch communicirende Oeffnungen mit einander in Verbindung. So wird durch die Septa ein reiches Maschenwerk nach allen Seiten sich verbindender Hohlräume im Innern der Lymphdrüse geschaffen.

Diese Räume werden zunächst durchzogen von den sogenannten Follicularsträngen (f f). Diese stellen gewissermassen die innersten Füllungsmassen der Räume dar, jedoch so, dass sie kleiner, als jene sind, und nirgends die Wandung der Hohlräume selbst berühren. Denkt man sich die Hohlräume der Drüse mit einer Substanz injicirt, welche zunächst alle erfüllt hat, später aber durch Schrumpfung sich auf die Hälfte ihres Körpers verjüngt, so hat man ein annäherndes Bild von dem räumlichen Verhältnisse der Follicularstränge zu den Hohlräumen der Drüse. Die Follicularstränge tragen in ihrem Innern die Blutgefässe (b) der Drüse. Um diese herum lagert sich eine ziemlich dicke Rinde reticulären Bindegewebes, dessen Maschen (x x) sehr zart und fein, dessen Räume reich an Lymphoidzellen, und dessen Oberfläche (o o) aus den verdichteten Reticulumzellen sich so zusammenfügt, dass durch die engen Maschen immerhin noch eine Communication möglich ist.

Zwischen der Oberfläche der Follicularstränge und der innern Wandung aller Hohlräume der Drüsen liegen die Bahnen der Lymphgefässe (B B). Vielleicht sind dieselben im Innern von einem Endothel ausgekleidet (v. Recklinghausen); ihre Lumina selber sind von einem etwas gröberen Reticulum durchsetzt.

Die Vasa afferentia (A), welche sich auf der Oberfläche der Drüse verbreiten, durchsetzen die äussere Kapsel und treten in die Lymphbahnen der Drüsenräume über (C). Die vasa efferentia, welche in der Nähe der Drüse starke, fast cavernös erscheinende Anastomosen und Erweiterungen zeigen, gehen an anderen Stellen der Drüse wieder direct aus den Lymphbahnen hervor. So stellen die letzteren gewissermassen ein innerhalb der Drüsenräume liegendes, zwischen den Vasa afferentia und efferentia angeordnetes Wundernetz dar.

Die Lymphbewegung wird auf ihren Wegen durch die vielverzweigten und gewundenen Lymphbahnen der Drüse eine Verlangsamung erfahren, und durch die Widerstände, welche die in den Bahnen angeordneten zelligen Elemente dem Strome bereiten müssen, eine sehr geringe Triebkraft besitzen. Die in den Maschen des Reticulums liegenden Lymphoidzellen werden durch den Lymphstrom fortgeschwemmt, so dass nach der Durchströmung der Drüsen die Lymphe zellenreicher ist (Brücke). Die im Bereiche der Follicularstränge liegenden Lymphoidzellen können zum Ersatze durch die engen Maschen des Reticulums (o)

in die Lymphbahnen wieder hinüberwandern. Die Bildung der Lymphoidzellen in den Follicularsträngen erfolgt entweder an Ort und Stelle durch Theilung, oder es wandern aus den Capillaren der Blutgefässe neue Zellen in die Follicularstränge ein. — Weiterhin ist für die Fortbewegung der Lymphe durch die Drüsen die Muskelwirkung der Kapsel und der Trabekel nicht zu unterschätzen. Eine energische Contraction dieser wird die Drüse wie einen Schwamm auspressen; die Richtung der so entweichenden Flüssigkeit ist durch die Klappenanordnung innerhalb der zugehörigen Lymphgefässe gegeben.

Teichmann, His, Frey, Brücke, v. Recklinghausen haben vornehmlich die Kenntniss der Lymphdrüsen in morphologischer und physiologischer Beziehung gefördert.

199. Eigenschaften des Chylus und der Lymphe.

Morphologische Bestandtheile.

1. Beide Flüssigkeiten sind eiweisshaltige ungefärbte klare Säfte, in denen sich Lymphoidzellen vorfinden, die bereits beim Blute (15, pag. 30) Gegenstand der Besprechung gewesen sind. Es sind dies nämlich dieselben Elemente, welche mit dem Lymphstrom in die Blutbahn gelangen und innerhalb derselben als weisse Blutkörperchen bezeichnet werden. An manchen Stellen, z. B. in den Lymphgefässen der Milz namentlich bei hungernden Thieren (Nasse) und im Ductus thoracicus, hat man auch rothe Blutkörperchen, allerdings nur in sehr beschränkter Zahl, vorgefunden. Die Lymphoidzellen werden überall der Lymphe und dem Chylus aus den Lymphdrüsen und aus dem adenoiden Gewebe, welche in ihren Maschen zahllose Zellen beherbergen, zugeführt, theils durch Zuschwemmung, theils durch active Wanderbewegung. Die Lymphoidzellen wandern ihrerseits aber auch wieder aus den feineren Blutgefässen in die Gewebe aus und begeben sich sogar auch in die Lymphgefässe. Auch von den rothen Blutkörperchen ist in seltenen Fällen ähnliches gesehen (Stricker, J. Arnold). So lässt sich das Vorkommen rother Blutkörperchen in Lymphe und Chylus erklären. In die centralen Enden der grossen Lymphstämme können auch rothe Blutkörperchen von den Venen, bei sehr hohem Drucke in den letzteren, übertreten. Nicht aber ist der Schluss gerechtfertigt, dass Lymphoidzellen sich in der Lymphe in rothe Blutkörperchen verwandeln können. Lymphe und Chylus führen weiterhin Molecularkörner, minimale Trümmer vom Protoplasma zerfallener Lymphoidzellen; der Chylus enthält überdies zahlreiche Fettkörnchen, umgeben von Albuminhüllen.

Bestandtheile der Eiterzellen.

Man unterscheidet an der Lymphe das Lymphplasma und die darin aufgeschwemmten Lymphoidzellen. Die letzteren (in grösserer Masse im Eiter untersucht) bestehen aus einem gequollenen Eiweisskörper und dem löslichen Paraglobulin; daneben enthalten sie Lecithin, Cerebrin,

Cholesterin, Fett; ihre Kerne liefern Nuclein (P-haltig, sonst dem Mucin nicht unähnlich) vielleicht eine Uebergangsstufe vom Albumin zum Lecithin (Hoppe-Seyler). Das Nuclein wird durch künstliche Verdauung des Eiters, wobei es allein ungelöst übrig bleibt, rein dargestellt; es ist in Alkalien löslich und in dieser Lösung durch Säuren wieder fällbar. Es zeigt schwache Xanthoproteïnreaction. Nach längerer Einwirkung von Alkalien und Säuren auf dasselbe erfolgt die Bildung von Substanzen, die dem Albumin und Syntonin ähnlich sind. — In den Lymphoidzellen der serösen Flüssigkeiten fand Miescher auch Glycogen. — Das Lymphplasma enthält zunächst die drei Fibringeneratoren (ebenso wie das Blutplasma; siehe 33. pag. 52), hervorgegangen wohl sicher aus zerfallenen Lymphoidzellen. Diese erzeugen nach der Entleerung die Lymphgerinnung, wobei der sich nur langsam ausscheidende, weiche, gallertige, spärliche „Lymphkuchen" das Gros der Lymphoidzellen in sich zusammenzieht. In der übrigbleibenden Flüssigkeit, dem „Lymph-Serum", befinden sich noch Alkalialbuminate (durch Ansäuren ausfällbar), — Serumalbumin (durch Kochen coagulirbar), dazu im Chylus Pepton (? vielleicht auch in der Lymphe); ausserdem etwas Harnstoff (Wurtz), Leucin und Zucker.

Bestandtheile des Lymphplasmas.

2. Der Chylus, der allein in den lymphatischen Gefässen des Nahrungstractus (Chylusgefässen) enthaltene Saft, ist vor seiner Vermischung mit der Lymphe stets nur in geringen Mengen zu erhalten und daher nur unter grossen Schwierigkeiten zu untersuchen. Spärliche Lymphoidzellen finden sich schon in den ersten Anfängen der Chylusgefässe in den Zotten; jenseits der Darmwand und noch mehr nach Durchströmung der Mesenterialdrüsen nimmt ihre Menge sehr zu. Dahingegen nimmt die Menge der festen Bestandtheile des Chylus, die nach reicher guter Verdauung sehr zunimmt, entschieden ab, wenn sich derselbe mit Lymphe vermischt hat. Nach fettreicher Nahrung ist der Chylus sehr reich an ($^1/_{250}$ bis $^1/_{500}$ Mm. grossen) Fetttröpfchen, die sich im weiteren Strome jedoch ganz auffällig vermindern. Der Gehalt des Chylus an Fibringeneratoren wird in gleichem Masse mit der Zunahme der Lymphoidzellen (aus deren Zerfall sie sich bilden) erheblicher. Grohé fand im Chylus ein diastatisches Ferment, welches wahrscheinlich vom Darme aus resorbirt ist. Mitunter finden sich Zucker (Colin) (bis 2%) und nach Stärkegenuss milchsaure Salze (Lehmann).

Bestandtheile des Chylus.

Der Chylus eines Hingerichteten enthielt:

Wasser	90,5%		
Fette Stoffe . .	9,5		
		Faserstoff . . .	Spur
		Eiweiss	7,1
		Fette	0,9
		Extractivstoffe .	1,0
		Salze	0,4

C. Schmidt fand in 1000 Theilen Chylus vom Pferde die folgenden anorganischen Bestände:

Chlornatrium	5,84
Natron	1,17
Kali	0,13
Schwefelsäure	0,05
Phosphorsäure	0,05
Phosphorsaurer Kalk	0,20
Phosphorsaure Magnesia	0,05
Eisen	Spur.

3. Die Lymphe ist in den Anfängen der Lymphgefässe ebenfalls sehr zellenarm, dabei klar und ungefärbt. In ihrem Verhalten ähnlich ist auch die Flüssigkeit der serösen Höhlen und die Synovialflüssigkeit. Eine Verschiedenheit der Lymphe je nach den Geweben, aus denen sie zunächst hervortritt, ist mit Sicherheit zwar anzunehmen, konnte jedoch bis dahin nicht festgestellt werden. Nach dem Durchströmen durch die Lymphdrüsen wird die Lymphe reicher an zelligen Elementen und wohl in Folge hiervon auch reicher an festen Bestandtheilen, namentlich an Eiweiss und Fett. In 1 Ccm. Lymphe des Hundes wurden 8200 Lymphkörperchen gezählt (Ritter).

Chemie der Lymphe.

Hensen und Dähnhardt gelang es Lymphe rein in grösserer Menge zur Untersuchung aus einer Lymphfistel am Schenkel eines Menschen zu sammeln. Sie reagirte alkalisch und war von einem salzigen Geschmacke. Die Zusammensetzung war die folgende (der ausserdem die der serösen Transsudate an die Seite gesetzt werden soll).

	Reine Lymphe (Hensen, Dähnhardt)	Cerebrospinal-Flüssigkeit (Hoppe-Seyler)	Pericardial-Flüssigkeit (v. Gorup-Besanez)
Wasser	98,63	98,74	95,51
Feste Stoffe	1,37	1,25	4,48
Fibrin	0,11	—	0,08
Albumin	0,14	0,16	2,46
Alkalialbuminat	0,09	—	—
Extractivstoffe	—	—	1,26
Harnstoff, Leucin	1,05	—	—
Salze	0,88		
	Bis zu 70 Volum.-Proc. absorbirte CO_2, von der 50% auspumpbar waren, 20% durch Säurezusatz erhalten wurden.	Die Cerebrospinal- und Abdominal-Lymphe enthält eine Zuckerart (ohne Circumpolarisations-Vermögen) (Hoppe-Seyler).	

Nach denselben Forschern waren in 100 Theilen Lymph-Asche folgende Stoffe vorhanden.

Chlornatrium	74,48	Phosphorsäure	1,09
Natron	10,36	Schwefelsäure	1,28
Kali	3,26	Kohlensäure	8,21
Kalk	0,98	Eisenoxyd	0,06
Magnesia	0,27		

Gerade so wie beim Blute, überwiegt von den anorganischen Beständen in den Zellen das Kali und die Phos-

phorsäure, — hingegen in dem Lymphserum das Natron (vorwiegend Kochsalz). Nur in der Cerebrospinalflüssigkeit sollen die Kaliverbindungen und die Phosphate vorherrschen (C. Schmidt). Der Wassergehalt der Lymphe steigt und fällt gleichmässig mit dem des Blutes. Von Gasen enthält die Hundelymphe reichlich CO_2 (über 40 Vol. Proc., davon 17% auspumpbare und 23% durch Säuren austretende), — nur Spuren O, — dazu 1,2 Vol. Proc. N (Ludwig, Hammersten). Die Angabe, dass Lymphe, gesammelt aus grossen Lymphstämmen, an der Luft stehend sich röthe (Funke), ist bisher unerklärt; jedenfalls ist eine Annahme, als erfolge im Contact mit O der Luft eine Bildung rother Blutkörperchen aus farblosen Elementen, nicht gestattet.

200. Mengenverhältniss der Lymphe und des Chylus.

Es beruht nur auf oberflächlicher Schätzung, wenn man die Gesammtmenge der durch die grossen Lymphstämme in die Blutbahn hinein geleiteten Lymphe und des Chylus in 24 Stunden als der gesammten Blutmasse gleichkommend taxirt (Bidder und C. Schmidt). Hiervon mag die eine Hälfte auf den Chylus, die andere auf die Lymphe entfallen. Die Absonderung der Lymphe in den Geweben erfolgt ohne Unterbrechung. Aus einer Lymphfistel am Oberschenkel einer Frau wurden in 24 Stunden gegen 6 Kilo Lymphe gesammelt (Gubler und Quevenne); — bei jungen Pferden betrug die aus dem grossen Halslymphstamme in $1^1/_2$ bis 2 Stunden aufgefangene Lymphmenge 70 bis über 100 Gramme. — In Bezug auf die Menge des Chylus und der Lymphe sind folgende Einflüsse bekannt.

Einflüsse auf die Menge des Chylus und der Lymphe.

1. Die Menge des Chylus nimmt während der Verdauung, zumal eines reichlichen Nahrungsquantums, ganz erheblich zu, so dass man, wie schon dem Herophilus und Erasistratus bekannt war, in dieser Zeit die prall mit weissem Chylus gefüllten Gefässe des Mesenteriums und des Darmes constant antrifft. Im Hungerzustande sind die Lymphgefässe collabirt, so dass es schwer hält, selbst die grösseren Gefässe zu sehen.

2. Die Menge der Lymphe steigt vornehmlich mit der Thätigkeit des Organes, aus dem sie entquillt. So zeigte sich namentlich, dass active und passive Muskelbewegungen die Lymphmenge erheblich steigern. Lesser gewann auf diese Weise bei nüchternen Hunden bis über 300 Ccmtr. Lymphe, wodurch diese unter Eindickung ihres Blutes bis zum Tode in Erschöpfung verfielen.

3. Alle Momente, welche den Druck, unter welchem der Parenchymsaft der Gewebe steht, steigern, vermehren

die Menge der abgesonderten Lymphe, und umgekehrt. Hierher gehören die folgenden Beobachtungen:

a) Eine Steigerung des Blutdruckes nicht allein im ganzen Gefässsystem, sondern auch in den Gefässen der betreffenden Theile bewirkt Vermehrung der Lymphe, und umgekehrt (Ludwig, Tomsa). [Dies ist jedoch nach Paschutin und Emminghaus fraglich.]

b) Unterbindung oder Umschlingung der abführenden Venen hat, da nunmehr aller Abfluss lediglich auf die Lymphgefässe beschränkt ist, beträchtliche Steigerung der abgegebenen Lymphmengen aus den betreffenden Theilen zur Folge (Bidder, Emminghaus), selbst über das Doppelte hinaus (Weiss). So ist auch die Anlegung straffer Binden die Ursache einer Schwellung der Theile, die peripherisch von der Einwickelung liegen, indem eine reichliche Lymphausscheidung in die Gewebe statthat (Stauungsödem).

c) Ein vermehrter Zufluss des arteriellen Blutes wirkt in ähnlichem Sinne, aber weniger stark. In dieser Beziehung kann eine Lähmung vasomotorischer (Ludwig) oder Reizung der vasohypotonisirenden Fasern (Gianuzzi) durch Schaffung eines bedeutenden Blutreichthumes die Lymphmenge vergrössern. Verengerung der arteriellen Bahnen durch Reizung der Vasomotoren oder aus andern Ursachen wird natürlich den entgegengesetzten Erfolg haben. Aber selbst nach Unterbindung der beiden Carotiden stockt, da der Kopf noch durch die Vertebrales mit Blut in geringem Masse versorgt wird, der Lymphstrom im grossen Halsstamme des Hundes keineswegs völlig (W. Krause).

4. Eine Vermehrung der gesammten Blutmasse durch Einspritzung von Blut, Serum, Milch, Wasser in die Adern bewirkt, da durch die hiedurch gesetzte grössere Spannung Blutflüssigkeit reichlicher in die Gewebe übertritt, eine gesteigerte Lymphbildung.

5. Nach dem Tode und der völligen Ruhe des Herzens geht die Bildung der Lymphe noch eine mässige Zeit hindurch, allerdings in geringem Grade, vor sich. Durchströmt man hierauf den noch warmen Thierkörper auf's Neue mit frischem Blute, so fliesst aus den grossen Lymphstämmen wiederum vermehrte Lymphe ab (Genersich). Es scheint somit, dass die Gewebe noch eine Zeit lang nach Sistirung des Kreislaufes aus dem Blute Plasma zur Lymphbildung sich aneignen. Hieraus erklärt es sich vielleicht, dass manche Gewebe, z. B. das Bindegewebe, nach dem Tode saftreicher erscheinen als während des Lebens, während gleichzeitig postmortal die Blutgefässe viel von dem Plasma aus ihrem Innern abgegeben haben.

6. Unter dem Einflusse des Curare findet eine Vermehrung der Lymphabsonderung statt (Lesser, Paschutin); hierbei nimmt die Menge der festen Bestandtheile in der Lymphe zu. Beim Frosche sammeln sich grosse Lymphmassen in den Lymphsäcken, was zum Theil daher rühren mag, dass die

Lymphherzen durch das Curare gelähmt werden (Bidder). — Auch in den Geweben entzündeter Theile ist die Lymphbildung vermehrt (Lassar).

201. Ursprung der Lymphe.

1. Herkunft des Lymphplasmas.

Entstehung des Lymphplasmas.

Es kann als ausgemacht gelten, dass das Lymphplasma ein aus den Blutgefässen, dem herrschenden Blutdrucke entsprechend, in die Gewebe übertretendes Filtrat ist. Hierbei treten die Salze (als am leichtesten durch Membranen hindurchgehend) annähernd in gleichen Mischungsverhältnissen mit den Blutplasmasalzen durch, — die Fibringeneratoren etwa zu zwei Dritteln, — das Eiweiss ungefähr zur Hälfte. Wie jede Filtration überhaupt muss auch die Lymphfiltrirung mit steigendem Drucke zunehmen. Dies konnten in der That Ludwig und Tomsa nachweisen: liessen sie durch die Blutgefässe eines ausgeschnittenen Hodens Blutserum unter wechselndem Drucke strömen, so stieg und fiel die aus den Lymphgefässen transsudirte Flüssigkeit, welche als „künstliche Lymphe" mit der natürlichen ähnliche Zusammensetzung aufwies. Auch der Gehalt an Albumin nahm mit steigendem Drucke in derselben zu. Dem Lymphplasma mischen sich natürlich ausserdem in den verschiedenen Geweben die aus dem Stoffwechsel gebildeten Umsatzproducte der die Gewebe constituirenden Substanzen bei, über deren qualitatives und quantitatives Verhältniss wenig ermittelt ist.

2. Herkunft der Lymphzellen.

Ursprung der Lymphzellen.

Die Herkunft der Lymphzellen ist eine verschiedene: 1. Zunächst kann als feststehend angenommen werden, dass ein erheblicher Theil der Lymphzellen den Lymphdrüsen entstammt: bei den eigentlichen grösseren Lymphdrüsen werden sie in das Vas efferens fortgeschwemmt. Daher kommt es, dass der Lymphstrom nach dem Durchfliessen durch die Lymphdrüsen constant reicher an Lymphzellen gefunden wird. Die lymphatischen Balgfollikel lassen zellige Elemente durch die Maschen ihrer Begrenzungsschicht in die naheliegenden kleinen Lymphgefässe eintreten. — 2. Als eine zweite Bildungsstätte sind die Organe mit adenoider Substanz als Grundlage, in deren Maschen Lymphzellen reichlich angetroffen werden, zu bezeichnen: wie die gesammte Schleimhaut des Intestinaltractus, das Knochenmark, die Milz. Die Zellen gelangen hier durch eigene Amöboidbewegungen in die Wurzeln der Lymphgefässe. — 3. Sowie die Lymphzellen durch die grossen Stämme in die Blutbahn gebracht und hier als „weisse Blutkörperchen" angetroffen werden, so wandern auch

wiederum aus den Blutcapillaren zahlreiche weisse Blutkörperchen in die Lymphgefässe, zumal in deren kleine Anfänge über, und zwar theils durch active amöboide Bewegung (Cohnheim), theils durch Filtrationsdruck von der Blutsäule aus getrieben (Hering). In seltenen Fällen wird sogar auch ein Rückwandern von Lymphzellen aus den lymphatischen Räumen in die Blutgefässe hinein wahrgenommen (v. Recklinghausen). — 4. Auch durch Vermehrung der Lymphkörperchen durch Theilung, und ebenso der sogenannten fixen Bindegewebszellen (His) entstehen stets neue Lymphzellen. Dieser Process ist zumal bei der Entzündung mancher Organe mit Sicherheit nachgewiesen worden. Wendet man auf den die völlig ausgeschnittene, in der feuchten Kammer unter nöthigen Cautelen beobachtete Hornhaut entzündungserregende Reize an, so sah man eine reichliche Vermehrung von Wanderzellen in den anastomosirenden Saftgängen der Hornhaut (v. Recklinghausen, Hoffmann); und da in den entzündeten Hornhäuten die Hornhautzellen eine Vermehrung ihrer Kerne durch Theilung erkennen lassen (Stricker, Norris), so ist der Schluss wohl gerechtfertigt, dass eine Theilung der Hornhautkörperchen (fixe Bindegewebszellen) die Vermehrung der Wanderzellen bedinge. Dass eine Neubildung von Lymphzellen durch Theilung, sowie durch Ablösung aus getheilten Bindegewebszellen vorkommen muss, zeigt die oft ganz kolossale Massenproduction von Lymphoidzellen bei acuten Entzündungen (Eiterbildung), namentlich bei ausgebreiteten Phlegmonen (Bindegewebsentzündungen) und eitrigen entzündlichen Ergüssen in die serösen Höhlen, die schon ihrer enormen Zahl wegen als allein durch Auswanderung aus der Blutbahn entstanden, nicht angenommen werden können.

Untergang der Lymphzellen.

Der Untergang der Lymphzellen scheint zum Theil bereits in den Ursprungsstätten der Gefässe und in den letzteren selbst zu erfolgen. Hiefür spricht das Vorkommen der Fibringeneratoren in der Lymphe, welche wohl vornehmlich aus zerfallenen und aufgelösten Zellen der Lymphe hervorgegangen sind. Namentlich scheinen bei heftigen Entzündungen, zumal im Bindegewebe mit der Neubildung zahlreicher Lymphzellen vielfältige Auflösungen derselben zu erfolgen. Daher wird hier die Lymphe besonders fibrinreich und von der Lymphe weiterhin natürlich auch das Blut. Man hat daher früher geradezu das Bindegewebe als den Ursprungsherd des Fibrins bezeichnet (Virchow), eine Angabe, die von dem gegebenen Gesichtspunkte aus völlig gerechtfertigt erscheint.

Innerhalb der Blutbahn lösen sich gleichfalls Lymphzellen auf, und tragen zur Bildung der Fibringeneratoren im Blute bei. Wird Blut aus der lebendigen Ader entleert, so beobachtet man zahlreiche Auflösungen unter Fibrinabscheidung. (Al. Schmidt.) (Vgl. 34, pg. 54).

202. Fortbewegung des Chylus und der Lymphe.

Der Grund der Chylus- und Lymphbewegung liegt in letzter Instanz in der herrschenden Differenz des Druckes an den Lymphwurzeln und der Einmündungsstelle in die venöse Blutbahn.

Doch ist im Einzelnen Folgendes bemerkenswerth.

Fortbewegung der Lymphe in den Lymphwurzeln.

1. Für die Fortbewegung sind zunächst Kräfte thätig, die an den Ursprungsstätten der Lymphgefässe wirksam sind. Diese werden verschieden sein müssen, je nach der Art des Ursprungs. — a) Die Chylusgefässe erhalten den ersten Bewegungsantrieb durch die Contraction der Muskeln der Zotten. Indem diese sich verkürzen und verschmälern, verengern sie den axialen Lymphraum, dessen Inhalt sich centripetal, den grossen Stämmen zu, fortbewegen muss. Bei der nachfolgenden Relaxation der Zotte verhindern die zahlreichen Klappen den Rückstrom des Chylus in die Zotte. — b) Innerhalb derjenigen Lymphgefässe, welche als perivasculäre Räume entstehen, wird jede Erweiterung der Blutgefässe den umgebenden Lymphstrom zum schnellen centripetalen Entweichen bringen müssen. — c) In die offenen Lymphgefässanfänge der Pleurawand tritt mit jeder Inspirationsbewegung, die ansaugend auf den Lymphsaft wirkt, die Lymphe hinein (Dybkowsky); ganz ähnlich verhält es sich mit den Mündungen der Lymphgefässe an der abdominalen Seite des Zwerchfellperitoneums (Ludwig, Schweigger-Seydel). — d) An denjenigen Gefässen, welche mittelst feiner Saftcanälchen entstehen, wird die Bewegung wesentlich direct abhängen von der Spannung der Parenchymsäfte, und diese letztere wiederum von der Spannung in den Blutcapillaren. So wird also der Blutdruck noch als eine vis a tergo bis in die Lymphwurzeln hinein wirksam sein.

Fortbewegung der Lymphe in den Lymphgefässen.

2. An den Lymphstämmen selbst sind es theilweise die selbstständigen Contractionen ihrer Muskelwände, welche den Strom befördern. Heller sah an den Lymphgefässen des Mesenteriums des Meerschweinchens diese Bewegung peristaltisch aufwärts verlaufen. Die sehr zahlreichen Klappen verhindern den Rückstrom. Ausserdem werden die Contractionen der umgebenden Muskeln, ferner jeglicher Druck auf die Gefässe und die Gewebe, als die Quellgebiete der Lymphwurzeln, den Strom befördern (Ludwig, Noll).

Die Lymphdrüsen.

3. Die eingeschalteten Lymphdrüsen setzen dem Strome einen bedeutenden Widerstand, da die Lymphe die zahlreichen mit feinen Netzen durchzogenen und theilweise mit Zellen angefüllten Räume durchströmen muss. Doch werden die hierdurch bereiteten Hindernisse zum Theil compensirt durch die oft sehr zahlreichen glatten Muskeln, die sich in der Hülle

und in den Balken der Drüsen vorfinden. Durch diese kann ein Auspressen der Drüsen (wie das eines Schwammes) statthaben, wobei wiederum die Klappenstellung die centripetale Strömung bestimmt. (Von diesem Gesichtspunkte aus könnte die Galvanisation geschwellter Lymphdrüsen erfolgreich sein.)

Die grösseren Sammelgefässe.

4. Mit der Sammlung der Gefässe zu wenigen grösseren und endlich zum Hauptstamm wird der Stromquerschnitt verkleinert, also die Strom-Geschwindigkeit und der Druck vergrössert. Immerhin ist auch hier die Geschwindigkeit nur klein; sie beträgt im Hauptlymphstamm des Halses beim Pferde nur 230 bis fast 300 Mm. in 1 Minute (Weiss), eine Thatsache, die auf die sehr langsame Bewegung der Lymphe in den feinen Gefässen schliessen lässt. Der Seitendruck betrug an derselben Stelle 10—20 Mm., beim Hunde nur 5—10 Mm. einer dünnen Sodalösung (Weiss, Noll), im Ductus thoracicus des Pferdes jedoch 12 Mm. Hg. (Weiss).

Einfluss der Athembewegungen.

5. Einen wichtigen Einfluss auf den Lymphstrom im Ductus thoracicus und lymphaticus dexter haben die Athembewegungen, indem jede Inspiration zugleich mit dem Venenblute die einmündenden Lymphmassen dem Herzen zuführt, wobei die Spannung im Milchbrustgang sogar negativ werden kann (Bidder).

Lymphherzen.

6. Eine besondere Beachtung verdienen noch die bei einigen Thieren, zumal den Kaltblütern, angetroffenen Lymphherzen (Joh. Müller). Der Frosch besitzt 2 Axialherzen (oberhalb der Schulter neben der Wirbelsäule) und 2 Sacralherzen (oberhalb des Afters neben der Kreuzbeinspitze). Sie schlagen (nicht synchronisch) etwa 60 Mal in einer Minute und enthalten etwa 10 Cmm. Lymphe. Sie haben quergestreifte Muskelfasern, sowie besondere Ganglien als ihre automatischen Bewegungscentren (Waldeyer); die hinteren pumpen die Lymphe in die Vena ischiadica, die vorderen in einen Ast der Vena jugularis.

Antiar lähmt die Lymphherzen und zugleich das Bluthherz (Vintschgau), Curare die ersteren allein (Bidder). — Bei anderen Amphibien hat man 2 Lymphherzen, — beim Strausse 1 entdeckt; — auch bei Fischen trifft man sie an.

Einfluss der Nerven.

7. Das Nervensystem hat einen directen Einfluss auf die Lymphbewegung durch Innervirung der Muskeln der Lymphgefässe, der Lymphdrüsen und, wo sie existiren, der Lymphherzen. Vielleicht bestehen noch besondere Einwirkungen der Nerven auf die aufsaugende Thätigkeit der Lymphwurzeln. Kühne sah nach Reizung der Hornhautnerven die Hornhautzellen innerhalb der Saftcanälchen derselben sich zusammenziehen. — Auch die folgende Beobachtung von Goltz gehört hierher. Als dieser Forscher Fröschen unter die Haut in die grossen Lymphräume dünne Kochsalzlösung eingespritzt hatte, sah er diese schnell resorbirt werden, allein sie blieb ohne Aufsaugung nach Zerstörung des centralen Nervensystemes.

203. Resorption parenchymatöser Ergüsse.

Flüssigkeiten, welche entweder von Seiten der Blutgefässe in die Gewebslücken transsudiren, oder solche, die man mittelst feiner Stiletcanülen in die Parenchyme einspritzt, gelangen zur Resorption. Hierbei betheiligen sich in erster Linie die Blutgefässe, aber in zweiter Linie auch die Lymphgefässe. In die Lymphgefässe treten hierbei, von den Spalt- und Saftlücken im Bindegewebe aus, selbst kleine Körperchen hinein, z. B. Zinnober- und Tuschekörnchen nach Tätowirung der Haut, — Blutkörperchen von Blutergüssen her, Fetttröpfchen vom Marke fracturirter Knochen aus Werden alle Lymphgefässe eines Theiles unterbunden, so findet die Resorption noch gerade so schnell statt, wie vorher (Magendie); daher müssen die resorbirten Flüssigkeiten durch die zarten Membranen der Blutgefässe hindurchgetreten sein. Der entgegengesetzte Versuch, dass man nach Unterbindung aller Blutgefässe keine Resorption der Parenchym-Flüssigkeiten sieht (Emmert, Henle, v. Dusch), spricht nicht gegen eine Mitbetheiligung der Lymphgefässe an der Aufsaugung, weil nach Unterbindung aller Blutgefässe eines Theiles natürlich auch jede Lymphbildung in demselben und damit auch jede Lymphströmung aufhören muss. Die Aufsaugung der künstlich in die Gewebe, namentlich auch in das subcutane Zellgewebe, gebrachten Flüssigkeiten („parenchymatöse und subcutane Injection“) erfolgt meist sehr schnell, in der Regel schneller als nach Verabreichung per os. Man bedient sich daher auch vielfältig der subcutanen Injectionen von gelösten Arzneimitteln zu Heilzwecken. Natürlich dürfen die einzuspritzenden Substanzen nicht zerstörend, ätzend oder coagulirend auf die lebenden Gewebe einwirken. Ausser der grossen Schnelligkeit der Resorption bietet die subcutane Injection vor der Verabreichung eines Mittels per os noch den Vortheil, dass manche Mittel, welche eingenommen werden, im Magen und Darm durch den Verdauungsprocess so umgewandelt und zersetzt werden, dass sie gar nicht unverändert zur Resorption gelangen können. So werden namentlich Gifte, die durch Fermente wirken, wie Schlangengift, Leichengift und putride Gifte vom Magen zerstört. Ebenso verhält sich auch das Emulsin. Wird dieses in den Magen gebracht, während demselben Thiere Amygdalin in eine Vene gespritzt wird, so erfolgt keine Vergiftung durch Blausäure, weil durch den Verdauungsprocess das Emulsin zerstört wird. Spritzt man hingegen Emulsin in das Blut und Amygdalin in den Magen, so erfolgt schnelle Blausäurevergiftung, weil vom Magen aus Amygdalin schnell unverändert resorbirt wird: [das Amygdalin, ein Glycosid, zerfällt mit frischem Emulsin in Blausäure, Bittermandelöl und Zucker (Cl. Bernard)]. — Zu Versuchen über die Resorption von Lösungen von den Parenchymen aus bedient man sich bei Thieren entweder der Gifte, die unter hervorstechenden Vergiftungszeichen zur Wirksamkeit gelangen, oder solcher Substanzen, die leicht im Blute und weiterhin zumal im Harne wiedererkennbar sind, wie das an sich unschädliche Kaliumeisencyanür.

Subcutane Injectionen.

Amygdalin und Emulsin.

Ich konnte den Nachweis liefern, dass auch Serum, in das Unterhautgewebe eingespritzt, schnell resorbirt wird. Das Serum gelangt dann (es muss ein indifferentes sein; siehe pg. 72) zur Umsetzung innerhalb der Blutbahn, so dass die Harnstoffbildung zunimmt. Seruminfusionen können somit als ernährende Infusionen ausgeführt werden. (Man vergleiche hiermit 195 pg. 355.)

204. Lymphstauungen und seröse Ergüsse.

Wenn für die ableitenden Venen- und Lymphbahnen eines Organes ein Widerstand sich geltend macht, so kommt es zur Stauung und weiterhin zu reichlichem Austritt von Lymphe in die Gewebe. Am deutlichsten erkennt man dies an der Haut und dem Unterhautzellgewebe. Hier schwellen die Weichgebilde an; ohne Röthung und Schmerzhaftigkeit entwickelt sich eine teigig anzufühlende Geschwulst, die auf Fingerdruck Gruben hinterlässt. Das sind die Zeichen der Lymphstauung, welche, wenn die Flüssigkeit besonders wasserreich ist, mit dem Namen Oedem bezeichnet wird.

Oedem.

Seröse Ergüsse. Auch innerhalb der serösen Höhlen kommt es unter gleichen Umständen zu ähnlicher Lymphansammlung. Wandern aus den zarten Blutgefässen zahlreiche weisse Blutkörperchen in diese hinein und vermehren sich diese, so wird die zellenreichere Flüssigkeit mehr und mehr eiterähnlich. Die Vermehrung dieser Zellen bedingt einen grösseren Eiweissgehalt, der auch nachträglich dadurch noch zunehmen kann, dass Wasser aus dem Ergusse zur Resorption gelangt. Letzteres wird namentlich dann erleichtert sein, wenn der Druck in der Flüssigkeit den in den kleinen Blutgefässen übersteigt. Diese serös-eitrigen Ergüsse nehmen weiterhin nicht selten noch eine veränderte Zusammensetzung an, deren Grund nicht ermittelt ist. Die vorgefundenen Stoffe sind theils Zersetzungsproducte des Eiweisses wie Leucin und Tyrosin, — theils Producte der regressiven Metamorphose der N-haltigen Substanzen, wie Xanthin, Kreatin, Kreatinin (?), Harnsäure (?), Harnstoff. Ferner fand man Cholesterin oftmals; — in der Flüssigkeit der serösen Hodengeschwulst und der Ecchinococcen Bernsteinsäure.

Nicht allein der Druck von Aussen auf die Lymphgefässe, sondern überhaupt Widerstände jeder Art, die sich in der Lymphbahn vorfinden, können zu Lymphstauungen und serösen Ergüssen Veranlassung geben. So entsteht Lymphstauung durch Verstopfung der Lymphgefässe in Folge von Entzündung und Thrombose (Lymphgerinnung), ferner in Folge von unwegsamen, geschwellten, entzündeten oder entarteten Lymphdrüsen. Doch sieht man in diesen Fällen häufig neue Lymphgefässe sich bilden, welche die Communication wieder herstellen. — In die serösen Höhlen des Abdomens oder der Brust kann auch durch Zerreissung grosser Lympfbahnen, zumal des Ductus thoracicus ein Lympherguss stattfinden (chylöser Bauchhöhlen- oder Brusthöhlenerguss). — Die Erschwerung oder gar der Wegfall aller derjenigen Momente, die wir für die Fortbewegung der Lymphe wirksam gefunden haben, wird die Lymphstauung befördern können.

Wenn auf diese Weise nun zwar auch von Seiten des Lymphapparates Stockungen der Lymphe entstehen können, so ist das Auftreten grösserer Massen wasserreicher Lymphe in Form von Oedem oder Gewebswassersucht, sowie von Höhlenwassersucht doch stets dadurch bedingt, dass seitens der Blutgefässe ein reiches Transsudat geliefert wird. Behinderungen im Stromgebiete der Lymphe können dann eine solche Flüssigkeitsansammlung noch steigern. Namentlich scheinen die Gefässe des Unterleibs und weiterhin diejenigen, welche auch unter normalen Verhältnissen wässerige Absonderungen liefern, vor allen anderen zu Transsudationen ganz besonders geneigt zu sein. Zu solcher Vermehrung der Transsudation führt in erster Linie 1. jede erhebliche venöse Stauung. Diese Stauungstranssudate sind in der Regel arm an Albumin und Lymphoidzellen; an rothen Blutkörperchen dagegen um so reicher, je stärker die Abflussbehinderung des venösen Blutes ist. — 2. Weiterhin können noch unbekannte physikalische Veränderungen des Protoplasmas der Endothelien der Blutgefässe und Capillaren diese fähig machen, Albumin, Hämoglobin und selbst Blutzellen abnormer Weise durchzulassen. Dies findet statt, wenn sich im Blute abnorme Substanzen angehäuft vorfinden, z. B. gelöstes Hämoglobin, — ferner bei Verarmung des Blutes an O oder Eiweiss. Auch nach Einwirkung abnormer Wärmegrade hat man Aehnliches beobachtet, und scheint auch das Anschwellen der Weichtheile in der Umgebung entzündeter Theile auf eine Lymphaussonderung durch alterirte Gefässwände zurückzuführen zu sein Vielleicht vermag sogar ein nervöser Einfluss, der sich auf ein gewisses Gebiet der Gefässe geltend macht, (durch Contraction oder Erschlaffung des Protoplasmas der Blutcapillaren?) eine solche Veränderung der Gefässwände vorübergehend zu bedingen. Die Lymphtranssudate dieser Arten sind meist sehr reich an Lymphoidzellen und damit zugleich an Albumin. — 3. Weiterhin wird ein sehr hoher Wassergehalt des Blutes die Transsudationsfähigkeit desselben vermehren müssen. Hierbei ist indess zu bedenken, dass der hohe Wassergehalt des Blutes seinerseits wie unter 2. wirkt, dass er selber ein Moment ist, welches bei längerer Dauer die Permeabilität der Gefässwände erhöht (Cohnheim). Wässerige lymphatische Ausscheidungen aus wässerigem Blute (kachektische Oedeme) zeigen namentlich abgeschwächte, schlechternährte, schlaffe Individuen.

Einflüsse auf die vermehrte Lymphausscheidung.

205. Geschichtliches.

Wenngleich auch der Hippokratischen Schule die Lymphdrüsen zumal durch ihre krankhaften Schwellungen bekannt waren, und wenn auch Herophilus und Erasistratus die Mesenteriallymphgefässe gesehen haben, so hat doch erst Aselli (1622) die Chylusgefässe im Mesenterium genauer zugleich mit ihren Klappen beobachtet. Gassendus behauptet (1654) den Ductus thoracicus gesehen zu haben; um dieselbe Zeit wandte auch Bartholinus den Lymphgefässen sein Augenmerk zu. Sömmering beobachtete die Faserstoffausscheidung in der Lymphe; Reuss und Emmert sahen zuerst die Lymphkörperchen. Die chemischen Untersuchungen datiren erst seit dem ersten Viertel dieses Jahrhunderts, von Lassaigne, Tiedemann, Gmelin u. A. ausgeführt, von denen die letzteren auch die weisse Farbe als abhängig von feinen Fettkörnchen erkannten.

206. Vergleichendes.

Beim Frosche befinden sich unter der gesammten äusseren Haut mit Endothel ausgekleidete ausgedehnte Lymphräume; ausserdem erstreckt sich vor der Wirbelsäule, von der Bauchhöhle durch das Bauchfell getrennt, ein grosser Lymphraum, Panizza's Cysterna lymphatica magna. — Die molchartigen Amphibien, sowie viele Reptilien haben unter der Haut grosse Lymphräume, welche die ganze Rumpflänge im Seitenbereiche des Rückens einnehmen. Im Verlaufe der Aorta besitzen ferner alle Reptilien und die geschwänzten Amphibien grosse langgestreckte Lymphreservoire. Sehr umfangreiche Lymphapparate besitzen auch die Schildkröten. (Figur 70. II. — pg. 357).

Die Knochenfische haben im seitlichen Bereiche des Rückens vom Schwanze bis zu den Vorderflossen langgezogene Lymphstämme, die mit erweiterten Lymphräumen an der Wurzel der Schwanz- und der Extremitätenflossen in Verbindung stehen. Im Innern der Leibeshöhle erhalten die umfangreichen Lymphsinus die grösste Ausdehnung in der Umgebung des Schlundes. — Viele Vögel besitzen eine sinusartige Erweiterung eines Lymphraumes in der Gegend des Schwanzes. — Selbstverständlich communiciren die Lymphräume stets (unter Klappeneinrichtung) mit dem Venensysteme und zwar zumeist mit dem Gebiete der oberen Hohlvene. — Ueber die bei Thieren vorkommenden Lymphherzen ist bereits oben (pg. 372 — 6.) das Nähere mitgetheilt worden.

Physiologie der thierischen Wärme.

207. Quellen der Wärme.

Wesen und Quellen der Wärme.

Die Wärme des Körpers ist eine ununterbrochen in die Erscheinung tretende lebendige Kraft, welche wir uns als Schwingungen der Körperatome vorstellen müssen. In letzter Instanz ist jegliche Quelle der Wärme enthalten in der Masse der als Nahrung in den Körper aufgenommenen Spannkräfte in Verbindung mit dem bei der Athmung zugeführten O der Luft; das Mass der gebildeten Wärme hängt ab von dem Masse der sich umsetzenden Spannkräfte.

Man kann die Spannkräfte der Nahrungsstoffe geradezu als „latente Wärme" bezeichnen, indem man sich vorstellt, dass bei ihrer Verarbeitung im Körper, welche vorwiegend ein Verbrennungsprocess ist, lebendige Kraft nur in Form von Wärme umgesetzt werde. Thatsächlich wird allerdings auch Arbeitskraft und elektrische Kraft aus den Spannkräften entwickelt. Allein um ein einheitliches Mass für die umgesetzten Kräfte zu gewinnen, empfiehlt es sich in der That, alle Spannkraft durch Wärmeeinheiten auszudrücken.

Das Calorimeter

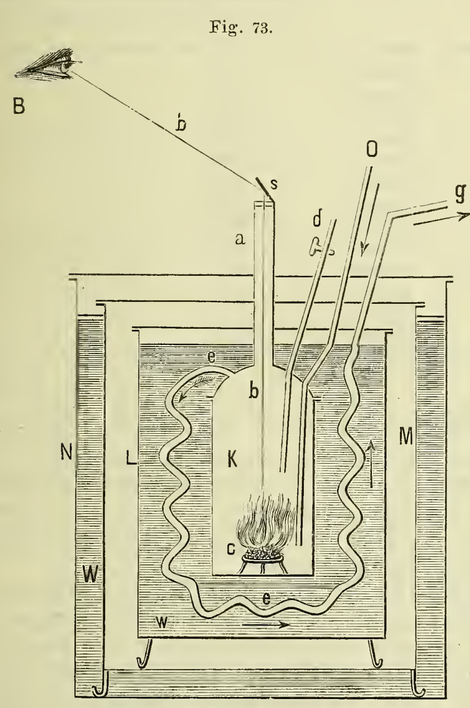
Wir besitzen nun ein Mittel, durch welches wir experimentell die in den Nahrungsstoffen enthaltenen Spannkräfte alle in Wärme umsetzen und zugleich die Einheiten der letzteren messen können. Dieses Mittel bietet das Calorimeter.

Favre und Silbermann bedienten sich des sog. Wassercalorimeters (Figur 73). Eine geräumige cylindrische Büchse, die sog. Verbrennungskammer (K), dient zur Aufnahme der zu verbrennenden Substanz. Diese Büchse befindet sich suspendirt in einem grösseren cylindrischen Gefässe (L), welches mit Wasser (w) angefüllt ist, so dass die Verbrennungskammer vollständig von demselben umgeben ist. In den oberen Theil der Kammer münden drei Röhren ein: Die eine (O) ist bestimmt für den Zutritt der sauerstoffhaltigen Luft, die bei der Verbrennung nöthig ist; sie führt bis dicht auf den Boden der Kammer. Die zweite Röhre (a) in der Mitte des oberen Deckels ist oben mit einer dicken Glasplatte verschlossen; auf letzterer steht winkelig ein Spiegel (S), welcher dem Beobachter (B) gestattet, von einem seitlichen Standpunkte aus (in der Richtung b b) in das Innere der Kammer zu sehen, um den Verbrennungsvorgang (bei c) zu betrachten. (Das dritte Rohr (d) wird nur benutzt, wenn

brennbare Gase im Innern der Kammer verbrannt werden sollen, welche dann durch dasselbe eingeleitet werden. Für gewöhnlich ist dieses Rohr durch einen Hahn verschlossen.)

Es führt endlich noch aus dem oberen Theile der Kammer ein Bleirohr (e e) aus, welches in vielen Schlängelungen die Wassermasse durchzieht und schliesslich aus der Oberfläche desselben (bei g) emportaucht. Durch dieses sollen die Verbrennungsgase abströmen und sich in dem Schlangenrohr zur Temperatur des Wassers abkühlen. Das wasserhaltige Cylindergefäss ist bis auf die vier durchtretenden Rohre durch einen Deckel völlig geschlossen. Der Wassercylinder steht auf Füssen innerhalb eines grösseren Cylinders (M), der mit einem schlechten Wärmeleiter angefüllt ist. Endlich steht dieser wiederum in einem noch grösseren Cylinder (N), welcher abermals Wasser (W) enthält. Letztere Wasserschicht soll verhindern, dass etwa von aussen her eindringende Wärme das Binnenwasser höher temperire. In der Verbrennungskammer wird nun ein bestimmtes Quantum der zu untersuchenden Substanz (c) verbrannt. Ist die Verbrennung völlig vollendet, während welcher das Binnenwasser wiederholt umgerührt wird, so bestimmt man mittelst eines feinen Thermometers die Temperatur desselben. Ist die Höhe der Temperaturzunahme constatirt, und ist das Quantum des Wassers im Binnencylinder bekannt, so ergibt sich daraus mit Leichtigkeit die durch die Verbrennung der bestimmten Menge der untersuchten Substanz gelieferte Zahl von Wärmeeinheiten. (Vgl. pg. 8.)

Fig. 73.



Wasser-Calorimeter nach Favre und Silbermann.

Statt des Wassercalorimeters kann auch das Eiscalorimeter verwendet werden. Bei diesem ist der innere Behälter statt mit Wasser mit Eis umgeben (um dieses herum liegt in einem weiteren Behälter nochmals Eis, welches verhindert, dass von aussen auf das erste Eis Wärme einwirken kann. Der in der Binnenkammer befindliche Wärme abgebende Körper schmilzt einen Theil des umgebenden Eises, das Eiswasser läuft unten aus einer Röhre ab und wird gemessen. Hierbei ist zu bemerkeu, dass zum Schmelzen von 1 Gr. Eis zu 1 Gr. Wasser von 0° C. 79 Wärmeeinheiten erforderlich sind.

Verbrennung der Nährstoffe im Körper.

Aehnlich wie im Calorimeter, nur um Vieles langsamer, werden in unserem Körper die Nahrungsmittel unter O-Zufuhr verbrannt, und es erfolgt somit eine Umsetzung der Spannkräfte in lebendige Kräfte, die im ruhenden Menschen fast völlig als Wärme auftreten. (Vgl. 5, pg. 11.)

Favre, Silbermann, Frankland u. A. haben calorimetrische Versuche über die Verbrennungswärme vieler Nahrungsstoffe angestellt. Es liefert

1 Gramm Eiweiss	4998	Wärmeeinheiten	Vorher getrocknet, dann bei völliger Verbrennung.
1 „ Rindfleisch	5103	„	
1 „ Rindsfett	9069	„	
1 Gramm Eiweiss	4263	Wärmeeinheiten	Bei Verbrennung bis Harnstoff; (d. h. es ist die dem Eiweiss u. Fleisch entsprechende Harnstoff-Verbrennungswärme [1 Gr. = 2206 Cal.] abgezogen).
1 „ Rindfleisch	4368	„	

Vorher getrocknet, dann bei völliger Verbrennung	1 Gramm Käse	6114	Wärmeeinheiten
	1 „ Kartoffel . .	3752	„
	1 „ Zucker . . .	3277	„
	1 „ Milch	5093	„
	1 „ Reis	3813	„
	1 „ Brod	3984	„
	1 „ Stärke . . .	5000	„
	1 „ Eigelb . . .	6460	„
	1 „ Alkohol . . .	8958	„
	1 „ Stearin . . .	9036	„
	1 „ Palmitin . .	8883	„
	1 „ Olein	8958	„
	1 „ Glycerin . .	4179	„
	1 „ Leucin . . .	6141	„
	1 „ Kreatin . . .	4118	„

Ist es also bekannt, wie viel Gewichtstheile der vorstehenden Stoffe ein Mensch innerhalb 24 Stunden in der Nahrung seinem Körper zuführt, so ergibt die einfache Berechnung, wie viel Wärmeeinheiten derselbe hieraus in seinem Körper durch Oxydation bilden kann.

Die verschiedenen Quellen der Wärme.

Im Einzelnen liegen nun die Quellen der Wärme in folgenden Vorgängen:

1. In der Umwandlung der mit hohen Spannkräften ausgestatteten chemischen Verbindungen der Nährstoffe in solche von minderen oder sogar völlig erschöpften Spannkräften. Da die organischen Nahrungsmittel (ausser den anorganischen Beigaben) aus C, H, N, O bestehen, so ist es vor Allem: — a) **eine Verbrennung** des C zu CO_2 und des H zu H_2O, wodurch Wärme erzeugt wird. Hierbei ist zu beachten, dass die Verbrennung von 1 Gr. C zu CO_2 8080 Wärmeeinheiten liefert, — von 1 Gr. H zu H_2O jedoch 34460 derselben. Der hierzu nothwendige O wird durch die Respiration aufgenommen. Man kann daher bei einem Wesen schon aus dem O-Verbrauch in der Zeiteinheit einigermassen auf das Quantum der erzeugten Wärme zurückschliessen. In der That besteht zwischen Wärmeproduction im Thierkörper und dem O-Verbrauch eine Beziehung wie zwischen Wirkung und Ursache. So haben die wenig O verbrauchenden Kaltblüter eine geringe Körperwärme; unter den Warmblütern nimmt 1 Kilo lebendes Kaninchen innerhalb einer Stunde 0,914 Gramm O auf und erwärmt hiermit seinen Körper auf durchschnittlich

Die Verbrennung.

38° C.; — 1 Kilo lebendes Huhn hingegen braucht in einer Stunde 1,186 Gr. O und bereitet damit eine Durchschnittswärme von 43,9° C. (Regnault und Reiset). Die gebildete Wärmemenge ist gleich gross, ob die Verbrennung langsam oder schnell erfolgt: die Lebhaftigheit des Stoffwechsels hat demnach nur auf die Schnelligkeit, niemals aber auf die absolute Menge der Wärmebildung einen Einfluss. — Auch die Verbrennung von anorganischen Stoffen im Körper, wie die des Schwefels zu Schwefelsäure, die des Phosphors zu Phosphorsäure, liefert eine (wenngleich nur geringfügige) Quelle der Wärme.

Andere chemische Wärme erzeugende Vorgänge.

b) Aber auch ausser den Verbrennungsvorgängen haben alle diejenigen chemischen Processe in unserem Körper, durch welche überhaupt das Mass der vorhandenen gesammten Spannkräfte vermindert wird, in Folge von grösserer Sättigung früher vorhandener Affinitäten der Atome, Wärmeentwickelung zur Folge. Ueberall, wo die Atome sich zur grösseren Stabilität ihrer endlichen Ruhelage mit gesättigten Affinitäten zusammenfügen, geht die chemische Spannkraft in lebendige Wärmekraft über, — wie z. B. bei der Alkohol-Gährung des Traubenzuckers, und anderen diesem Vorgange ähnlichen Processen.

Auch in den folgenden chemischen Vorgängen kommt es zur Wärmebildung:

α) Verbindung von Basen mit Säuren (Andrews). Hierbei bestimmt die Art der Basis die Menge der gebildeten Wärme, die Art der Säure ist ohne Einfluss. Nur dann, wenn die Säure, wie die CO_2, nicht im Stande ist, die alkalische Reaction aufzuheben, ist die Wärmebildung eine geringere. Auch Bildung von Chlorverbindungen (etwa im Magen) erzeugt Wärme.

β) Die Umwandlung eines neutralen Salzes in ein basisches (Andrews). Im Blute verbinden sich die aus der Verbrennung des Schwefels und Phosphors hervorgegangenen Schwefelsäure und Phosphorsäure mit den Alkalien des Blutes zu basischen Salzen. Die Zerlegung der CO_2-Salze des Blutes durch Milchsäure und Phosphorsäure bildet eine doppelte Quelle der Wärme, nämlich sowohl durch Bildung eines neuen Salzes, als auch durch die Entbindung von CO_2, die theilweise vom Blute absorbirt wird.

γ) Die Verbindung des Hämoglobins mit O.

Wärmebindende chemische Zwischen-Vorgänge.

Bei den chemischen Processen, welche dem Körper die Wärme liefern, kommt es aber auch nicht selten zu wärmeabsorbirenden Zwischenumwandlungen der Körper. Mitunter müssen nämlich erst, um den Endzweck grösserer Sättigung der Affinitäten zu erreichen, intermediär an sich fest gelagerte Atomgruppen gelöst werden. Hierzu wird Wärmekraft verbraucht. Auch bei Auflösung fester Aggregatzustände bei einschmelzenden Rückbildungsprocessen wird Wärme gebunden. Allein alle diese intermediären Wärmeverluste sind gegen die durch die Darstellung der Endproducte gelieferten frei werdenden Wärmemengen sehr geringfügig.

Physikalische Wärmequellen.

2. Als zweite Wärmequelle sind physikalische Vorgänge zu nennen.

Umsatz lebendiger Arbeit in Wärme.

a) Der Umsatz lebendiger Arbeitskräfte innerer Organe bietet, da die geleistete Arbeit nicht nach aussen übertragen wird, Wärme. So geht die ganze lebendige Arbeit des Herzens durch die Widerstände, welche sich dem Blutstrom entgegensetzen, in Wärme über. Aehnlich ist es mit der lebendigen Arbeit mancher musculöser Eingeweide.

Sehr geringe Mengen der Arbeitskraft des Herzens übertragen sich beim Herzstoss und den oberflächlichen Pulsen auf die umgebenden Körper, allein diese sind verschwindend klein. Auch bei der Athembewegung, bei der Ausstossung der Athmungsgase, der Auswurfs- und anderer Stoffe findet eine sehr kleine Uebertragung von Arbeit nach aussen statt, die also nicht in Wärme übergeht. — Joule hat die aus der verloren gegangenen lebendigen Arbeit einer strömenden Flüssigkeit sich erzeugende Wärme zu bestimmen gesucht. Nach ihm muss der Werth für die hierbei durch die Reibung gelieferte Wärme in einem Verhältnisse stehen zu dem Product aus der Differenz des Anfangs- und Enddruckes in das Gewicht der vorbeigeflossenen Flüssigkeitsmasse. Wenn man annimmt, dass die tägliche Arbeit des Kreislaufes über 86.000 Meter-Kilogramm betrage, so berechnet sich die hieraus umgesetzte Wärmemenge in 24 Stunden gegen 204,000 Calorien (vgl. 98, pag. 193), welche hinreichen, die Masse eines mittelgrossen Menschen etwa um 2° C. zu erwärmen. — In früheren Zeiten glaubte man sogar, dass die Wärme des Körpers lediglich von der Friction der Blutmasse in den Gefässen herrühre (Boerhave u. A.).

b) Leistet der Körper durch Muskelaction eine nach aussen übertragene Arbeit, indem z. B. der Mensch einen Thurm ersteigt oder ein schweres Gewicht fortschleudert, so geht hierbei ein Theil der lebendigen Arbeit durch Reibung der Muskeln, der Sehnen, der Gelenkflächen, ferner durch Erschütterung und Pressung der Knochenenden gegen einander in Wärme über.

c) Die in den Muskeln, Nerven, Drüsen sich findenden elektrischen Ströme gehen (abgesehen von den geringen Zweigen, welche bei passender Leitung vom Körper nach aussen abfliessen) höchst wahrscheinlich in Wärme über. Die Wärme erzeugenden chemischen Processe rufen Elektricität hervor, welche ebenfalls in Wärme umgesetzt wird. Diese Wärmequelle ist jedenfalls sehr gering.

d) Als fernere geringfügige Wärmequelle aus physikalischen Ursachen sollen noch genannt sein: Wärmebildung durch Absorption von CO_2 (Henry), — durch die Verdichtung des Wassers beim Durchdringen von Membranen (Regnault & Pouillet), und bei der Imbibition (Matteucci 1834), — Bildung fester Aggregatzustände, z. B. des Kalks in den Knochen. (Durch Einschmelzung von festen Beständen im höheren Alter geht allerdings theilweise wieder Wärme verloren).

Nach dem Tode (mitunter auch unter pathologischen Vorgängen während des Lebens) ist in dieser Weise auch die Gerinnung des Blutes (Valentin, Schiffer) und das Starrwerden der Muskeln eine wärmeliefernde Quelle.

208. Gleichwarme und wechselwarme Thiere.

Kaltblüter und Warmblüter.

Statt der älteren Eintheilung der Thiere in „Kaltblüter“ und „Warmblüter“ empfiehlt es sich ein anderes Merkmal der Classification zu Grunde zu legen, nämlich die Gleichmässigkeit oder Ungleichmässigkeit der Körpertemperatur den äusseren Einflüssen gegenüber.

Gleichwarme und wechselwarme Thiere.

Für die Classe der Warmblüter (Säugethiere und Vögel) ist von Bergmann der Name „Gleichwarme (homoiotherme) Thiere“ eingeführt worden, weil nämlich diese trotz eines erheblichen Wechsels der Temperatur der Umgebung ihre Eigenwärme mit auffallender Gleichmässigkeit sich zu erhalten im Stande sind. Die sogenannten kaltblütigen Thiere wurden jedoch von demselben Forscher „wechselwarme“ (poikilotherme) genannt, weil ihre Körpertemperatur innerhalb grosser Breiten mit der Wärme des umgebenden Mediums steigt und fällt.

Es muss daher bei den Gleichwarmen bei längerem Aufenthalt in kalter Umgebung die Wärmeproduction gesteigert, bei längerem Verweilen in warmen Medien jedoch vermindert sein.

Ein Beispiel von dieser grossen Beständigkeit der Temperatur im menschlichen Körper stellte schon Fordyce auf. Als ein Mann 10 Minuten in mit sehr heisser trockener Luft erfüllten Räumen verweilte, war das Innere seiner geschlossenen Hand, die Mundhöhle unter der Zunge, sowie der Harn nur einige Zehntel Grad erhöht.

Als Becquerel und Brechet die Temperatur in der Mitte des Biceps bei einem Manne (mittelst thermo-elektrischer Nadel) untersuchten, dessen Arm eine ganze Stunde in Eiswasser eingetaucht gewesen war, fanden sie das Muskelgewebe nur um 0,2° C. abgekühlt. Derselbe Muskel zeigte entweder gar keine Temperaturzunahme oder nur von 0,2° C., als der Mann $^{1}/_{4}$ Stunde den Arm in Wasser von 42° C. getaucht hatte.

Wird durch gewaltsame Mittel, nämlich durch energische Wärmeentziehungen oder durch beträchtliche Wärmezufuhr auf eine Aenderung der Temperatur eingewirkt, so entsteht grosse Gefahr für das Fortbestehen des Lebens.

Die Wechselwarmen verhalten sich wesentlich anders: die Temperatur ihres Körpers folgt im Allgemeinen, wenn auch in grossen Schwankungen, der Wärme der Umgebung. Bei gesteigerter Wärme der Umgebung ist daher auch ihre Wärmeproduction gesteigert, bei Abnahme derselben sinkt jedoch die Wärmeerzeugung im Körper.

Die folgende Tabelle zeigt recht deutlich den Charakter des wechselwarmen Thieres an grossen Exemplaren von Rana esculenta (Winterexemplare), welche theilweise in verschieden temperirter Luft, theilweise in verschieden warmem Wasser beobachtet wurden. Innerhalb des Wassers wurden die Thiere auf einem Drahtgestell befestigt bis zum Mundwinkel längere Zeit eingetaucht gehalten.

Die Temperaturmessung geschah mittelst Einsenkung eines feinen Thermometers durch das Maul bis in die Magenhöhle.

Aufenthalt im Wasser.		**Aufenthalt in der Luft.**	
Temperatur des Wassers:	Temperatur des Frosches im Magen:	Temperatur der Luft:	Temperatur des Frosches im Magen:
41,0	38,0	40,4	31,7
37,9	36,1	37,2	29,1
35,2	34,3	35,8	24,2
33,4	33,2	27,4	19,7
30,0	29,6	19,8	15,6
27,3	27,1	17,1	15,6
23,0	22,6	16,4	14,6
20,6	20,7	14,7	10,2
11,5	12,9	6,2	7,6
5,9	8,0	5,9	8,6
4,5	6,7		
2,8	5,3		

Als Beispiele der Körpertemperatur im Thierreiche mögen die folgenden genügen: Vögel: 37,8° Möve — 44 03° Schwalbe und Meise. — Säuger: 35,5° Delphin — 41,1° Maus. — Reptile: 10—12° Riesenschlange; dieselbe brütend höher. — Amphibien und Fische: 0,5—3° über die Temperatur der Umgebung. — Arthropoden: 0,1°—5,8° ebenso. Bei Bienen in ihrer Anhäufung im Bienenstocke 30—32°, bei schwärmenden Schaaren sogar 40°. Die folgenden erheben ihre Temperatur über die Umgebung: Cephalopoden: 0,57°, — Mollusken: 0,46°, — Echinodermen: 0,40°, Medusen: 0,27°, — Polypen: 0,21° C.

209. Methoden der Temperaturmessung: Thermometrie.

Thermometrie.

Thermometrie. Durch die thermometrischen Apparate erhalten wir Aufschluss über den Grad der Wärme des zu untersuchenden Körpers. Hiezu werden angewendet:

A. Das Thermometer (Galilei 1564—1642), das in seiner Construction als bekannt vorausgesetzt werden muss. (Sanctorius machte die ersten thermometrischen Messungen am Menschen 1626). Zu wissenschaftlichen Zwecken und ärztlichen Beobachtungen sollen nur 100-theilige nach Celsius (1701 bis 1744) gebraucht werden, bei denen jeder Grad noch in 10 Theile getheilt ist, so dass eine Ablesung auf $^1/_{10}$° C. noch bequem geschehen kann. Das Werkzeug soll mit einem Normalthermometer vorher verglichen sein. Der Quecksilberfaden sei dünn, die Spindel nicht zu klein und nicht zu gross, am besten von cylindrischer Form. Eine grosse Kugel steigert die Empfindlichkeit, aber auch die Beobachtungsdauer (weil die grosse Hg-Masse sich schwerer durch und durch erwärmt); bei kleinerer Spindel beobachtet man zwar schneller, aber auch weniger zuverlässig. Die Scala sei von Porzellan. Alle Thermometer bekommen mit längerem Gebrauche einen Fehler: sie zeigen zu hoch an (Bellani). Daher sind sie von Zeit zu Zeit mit einem Normalwerkzeug zu vergleichen. Bei einer jeden Messung soll die Kugel wenigstens 15 Minuten völlig umschlossen und ruhig liegen, und zwar darf in den letzten 5 Minuten eine Schwankung am Faden nicht mehr zu bemerken sein. — Lässt man den Harnstrahl auf die kleine Kugel eines empfindlichen Thermometers wirken, so zeigt es schon nach 7 Secunden richtig die Körperwärme an (Oertmann). (Billige Thermometer sind fast ausnahmslos schlecht, oder sie werden es in kürzester Frist; ein hoher Preis und ein guter Name der Firma liefert die grösste Zuverlässigkeit für die Güte des jedem Arzte unumgänglich nöthigen Werkzeuges.) Minimal-, namentlich aber Maximal-Thermometer (zur Fiebermessung) sind für den Arzt oft von grösster Bequemlichkeit.

Metastatisches Thermometer.

Zu feinen vergleichenden Messungen eignet sich besonders Walferdin's „Metastatisches Thermometer“ (Fig. 74). Die Röhre ist sehr eng im Vergleich zur Kugel; damit hierdurch jedoch das Instrument nicht ausserordentlich verlängert werde, ist die Einrichtung getroffen, dass man die wirksame Menge des Quecksilbers beliebig vermehren oder vermindern kann. Man nimmt so viel, dass der Faden bei der etwa zu erwartenden Temperatur etwa in der Mitte der Röhre steht. Man erreicht seinen Zweck dadurch, dass am oberen Ende der Röhre eine Erweiterung ist, in welcher man das überflüssige Quecksilber hineinlässt. Soll z. B. eine Temperatur gemessen werden, die voraussichtlich zwischen 37°—40° C. liegt, so erhitzt man die Kugel zuerst bis etwas über 40° C., darauf kühlt man sie schnell ab und bewirkt gleichzeitig durch eine Erschütterung ein Abreissen des Fadens unterhalb der oberen Erweiterung. So ist der Spielraum des Fadens von etwa gegen 40° abwärts. Die Röhre ist so eng, dass 1° C. gegen 10 Cm. Länge umfasst, so dass $^1/_{100}$° C. noch 1 Mm. lang ist; ja man hat sogar noch eine Ablesung bis $^1/_{1000}$° C. ermöglicht. Die Scala ist willkürlich getheilt; es muss durch Vergleichung mit einem Normalthermometer der Werth der Theilung festgestellt werden; desgleichen ebenso die Temperaturhöhe bei einem gewissen Stande der benutzten Fadenlänge.

Thermoelektrische Messung.

B. Die thermo-elektrische Vorrichtung. Diese Methode gestattet eine sehr schnelle und sehr genaue Temperaturmessung (Figur 75. I). Das

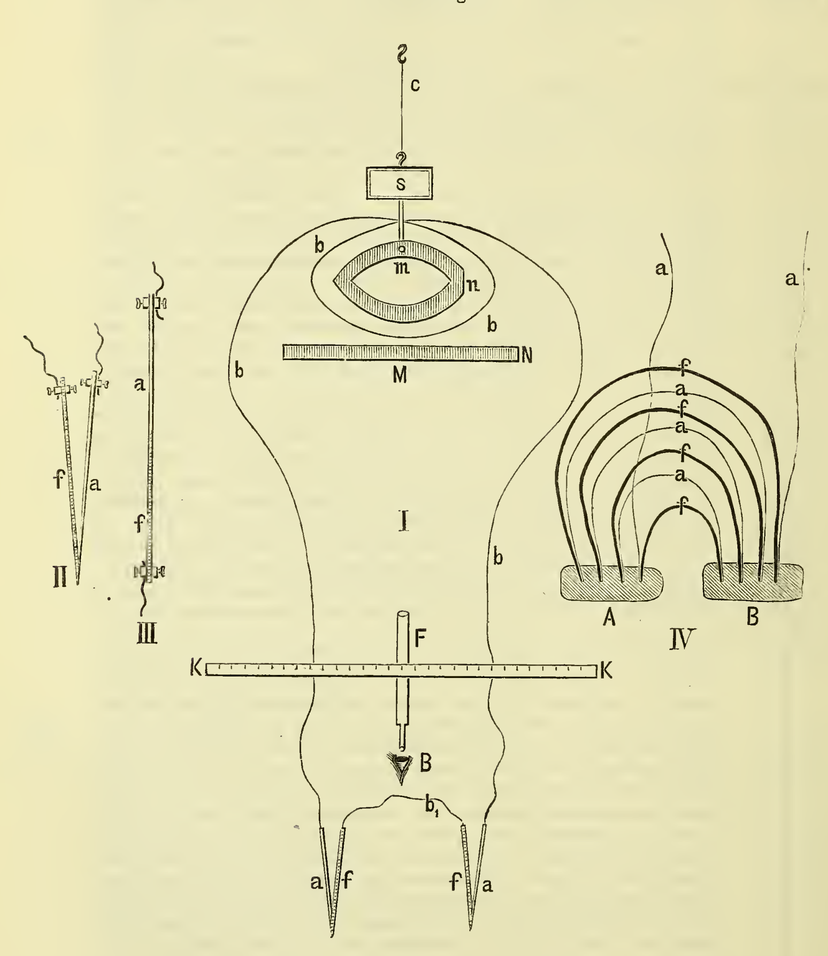
Fig. 74.

Walferdin's metastatisches Thermometer.

hierzu gebräuchliche Thermo-elektro-Galvanometer von Meissner und Meyerstein enthält zunächst einen frei an einem Coconfaden (c) aufgehängten ringförmigen Magnet (m), mit welchem durch einen Bügel fest verbunden ein kleines Spiegelchen (S) befestigt ist. Diesem Magneten wird ein anderer festliegender, mit seinen Polen gleichgerichteter — (die beiden Nordpole n und N haben gleiche Richtung) — grosser Stabmagnet (M) so genähert, dass der freihängende nur noch mit minimalster Kraft nach Norden sich einzustellen vermag. Um den letzteren ist in mehrfachen Windungen — (in der schematischen Zeichnung ist nur eine Windung gezeichnet) — ein dicker Kupferdraht (b b) geführt, mit dessen weit verlängerten Enden zwei aus verschiedenen Metallen (Eisen und Neusilber) zusammengelöthete nadelartige Thermo-Elemente (fa, fa) verbunden sind, deren gleichnamige freie Enden schliesslich noch durch einen Draht (b_1) vereinigt sind. So sind die beiden Thermo-Elemente in den geschlossenen Kreis eingeschaltet. In einer Entfernung von 3 Metern vom Spiegelchen ist horizontal eine Scala (K K) aufgestellt, deren Zahlen sich in dem Spiegelchen abbilden. Die Scala selbst ruht auf einem Fernrohre (F), welches gegen das Spiegelchen gerichtet ist. Der durch das Fernrohr blickende Beobachter (B) erkennt im Spiegelchen die Zahlen der Scala, die sich an einem Fadenkreuz genau einstellen. Schwingt der Magnet und mit ihm das Spiegelchen aus dem magnetischen Meridian heraus, so stellen andere Zahlen der Scala sich für den Beobachter im Spiegelchen ein. Wird das eine der Thermo-Elemente erwärmt, so entsteht ein elektrischer Strom, welcher in dem wärmeren Elemente vom Eisen zum Neusilber gerichtet ist und zugleich den schwingenden Magnet zur Ablenkung bringt. Denkt man sich in der Richtung des Stromes in dem Leitungsdrahte schwimmend, so weicht der Nordpol des Magneten nach links hin ab (Ampère). Die Tangente des Winkels φ, um welchen der freischwebende Magnet aus seiner Ruhelage im magnetischen Meridian durch einen an demselben vorbeigeführten galvanischen Strom abgelenkt wird, ist gleich dem Verhältniss der galvanischen Directionskraft G zu der magnetischen Directionskraft D. Also tang. $\varphi = \frac{G}{D}$. Um also bei gleichgross-bleibendem G die tang. φ möglichst gross zu erhalten, muss die magnetische Directionskraft möglichst vermindert werden. Bezeichnet man mit m den Magnetismus des schwebenden Magneten und mit T den Erdmagnetismus, so ist die magnetische Directionskraft D = Tm. Hieraus ergibt sich, dass D auf zweifache Weise verkleinert werden kann, nämlich 1. durch Verkleinerung des magnetischen Momentes des schwingenden Magneten (wie dies durch das astatische Nadelpaar des Nobili'schen Multiplicators erreicht worden ist), — 2. aber auch durch Schwächung des Erdmagnetismus durch einen festliegenden, in der Nähe des schwebenden Magneten im gleichen Sinne angebrachten sogenannten Hilfsmagneten (M) (Hauy'scher Stab). Von grosser Wichtigkeit für das Werkzeug und zwar für die schnelle und sichere Einstellung des Magneten, ist noch die Anbringung der (in der Figur nicht angedeuteten) sog. Dämpfung von Gauss. Dieselbe besteht aus einem dicken kupfernen Hohlcylinder, auf welchem der Draht der Rolle gewickelt ist. Diese Kupfermasse kann bekanntlich angesehen werden als ein geschlossener Multiplicator von nur einer Windung mit sehr grossem Querschnitt. Der in Schwingung versetzte Magnet inducirt in dieser in sich geschlossenen Kupfermasse einen Strom, dessen Intensität am stärksten ist, wenn die Schwingungsgeschwindigkeit des Magneten am grössten ist, und

welcher die entgegengesetzte Richtung annimmt, sobald der Magnet umkehrt. (In geringerem Masse wirkt auch schon der Multiplicator selbst, sobald er geschlossen ist, in gleicher Weise als Dämpfer). Diese inducirten Ströme bedingen eine Verminderung der Schwingungen des Magneten in der Art, dass der Schwingungsbogen in sehr rascher, wie auch fast nahezu geometrischer Pro-

Fig. 75.



Schema der thermo-elektrischen Vorrichtung zur Bestimmung der Temperatur.

gression abnimmt. Der inducirte dämpfende Strom ist um so kräftiger, je geringer der Widerstand im geschlossenen Kreise ist, bei dem Dämpfer selbst daher, je grösser der Querschnitt des Kupferringes ist.

Durch diese Dämpfungseinrichtung ist das langwierige Hin- und Heroscilliren des Magneten äusserst beschränkt, die Einstellung erfolgt nach 3—4

sehr kleinen Schwingungen schnell und prompt, und hiermit die Beobachtung scharf und ohne Zeitverlust. Für die Beobachtung selbst ist noch zu bemerken, dass sich die Ablenkungswinkel innerhalb so kleiner Grössen halten, dass die Winkel geradezu statt der Tangenten genommen werden können.

Thermo-elektrische Nadeln.

Als thermo-elektrische Elemente werden entweder sog. Dutrochet'sche Nadeln (II) in den Kreis eingeschaltet, welche der Länge nach an der Spitze aus Neusilber und Eisen zusammengelöthet sind; oder man benutzt Becquerel'sche Nadeln (III), welche aus denselben Metallen, die in gerader Linie hintereinander zusammengelöthet sind, bestehen. Unter allen Umständen müssen die Nadeln auf ihrer Oberfläche mit (braunem) Lack gut gefirnisst sein, damit nicht die durch Benetzung der ungleichartigen Metalle mit den Parenchymflüssigkeiten etwa entstehenden Ströme die gewonnenen Thermoströme stören. Vor den anzustellenden Versuchen muss weiterhin festgestellt werden, einen wie grossen Ausschlag an der Scala eine bestimmte Temperaturdifferenz (an den Nadeln) zur Folge hat, also etwa 1^0 C. Um dieses festzustellen, befestigt man an jeder der beiden Thermo-Nadeln mittelst einer Schnur ein empfindliches Thermometer, und setzt beide in einem constanten warmen Oelbade einer Temperatur aus, welche um 1^0 C. differirt, wie an den beigefügten Thermometern zu ersehen ist. Wird nun die Kette geschlossen, so wird natürlich der Ausschlag an der Scala 1^0 entsprechen. Gesetzt, bei dieser differenten Temperatur von 1^0 zeige das Instrument eine Abweichung von 150 Mm., so würde jede Verschiebung der Scala um 1 Mm. = $^1/_{150}{}^0$ C. sein. Ist dieses festgestellt, so kann man entweder die beiden Thermonadeln in die verschiedenen Gewebe oder Organe bei Thieren gleichzeitig einsenken: alsdann wird man belehrt über die herrschende Temperaturdifferenz an diesen Körperstellen. Oder man bringt die eine Thermonadel in ein constantes warmes Bad (von annähernd Körpertemperatur), in welchem zugleich ein feines Thermometer sich befindet, während die andere Nadel in das zu untersuchende Körperorgan eingesenkt wird. In diesem Falle ermittelt man die Temperaturdifferenz zwischen dem Gewebe und der constanten Wärmequelle. Der elektrische Strom verläuft in der wärmeren Nadel vom Eisen zum Neusilber und so fort durch die Drahtwindungen des Apparates. Für schwache Temperaturdifferenzen, wie sie in den Geweben des Körpers meist nur bestehen, ist die thermo-elektrische Kraft stets der Temperaturdifferenz beider Nadelelemente proportional. — Es ist einleuchtend, dass man statt je einer Löthstelle auch eine Mehrheit derselben einschalten kann. Hierdurch wird natürlich die Feinheit des Apparates wesentlich erhöht: so konnte Helmholtz durch Anwendung von 16 Antimon-Wismuth-Elementen die Feinheit des Apparates bis zur Angabe von $^1/_{4000}{}^0$ C. steigern. — Schiffer verfertigte in einfacher Weise (IV) durch abwechselnd an einander gelöthete Drähte von Eisen (f) und Neusilber (a) eine Thermosäule von 4 Paar Nadelelementen. Diese sind dazu bestimmt, zu je 4 in die auf ihre Temperaturdifferenz zu untersuchenden zwei Substanzen (A und B) eingestossen zu werden. Schon hierdurch wird ein ausserordentlich hoher Grad von Genauigkeit der Beobachtung erreicht.

210. Temperatur-Topographie.

Obgleich dem Blute vermöge seiner steten Bewegung, indem es allemal nach 23 Secunden den Kreislauf vollbracht hat, ein mächtiger Einfluss zugeschrieben werden muss für die Ausgleichung der Wärme in den verschiedenen Theilen des Körpers, so wird dennoch eine complete Gleichtemperirung niemals erreicht, vielmehr bestehen an den verschiedenen Stellen Differenzen.

Haut.

1. Temperatur der Haut.

In der Mitte der Fuss-Sohle	32,26° C.	J. Davy machte diese Messungen unmittelbar nach dem Aufstehen ohne Bekleidung bei 21° C. Zimmertemperatur. Nur die Unterfläche der sonst geschützten Thermometerkugel berührte die einzelnen Hautstellen.
In der Nähe der Achillessehne	33,85	
In der Mitte der Vorderfläche des Unterschenkels	33,05	
In der Mitte der Wade	33,85	
In der Kniekehle	35,00	
In der Mitte des Oberschenkels	34,40	
In der Inguinalbeuge	35,80	
An Stelle des Herzschlages	34,40	

In der geschlossenen Achselhöhle 36,49 (Mittel von 505 Individuen); — 36,5 bis 37,25 Wunderlich; — 36,89° C. Liebermeister.

Liebermeister verfährt zur Bestimmung der Temperatur freier Hautflächen so: Man erwärmt die Kugel etwas über die zu erwartende Temperaturhöhe, dann beobachtet man das Sinken des Quecksilberfadens beim Halten in der Luft und legt dann im passend scheinenden Momente die Kugel an die Hautfläche. Ist die Hautfläche gleich temperirt mit der Kugel, so muss das Quecksilber eine Zeit lang stehen bleiben. Dieser Versuch muss oft wiederholt werden.

Höhlen.

2. Temperatur der Höhlen.

Mundhöhle unter der Zunge	37,19° C.
Mastdarm	38,01
Scheide	38,30
(Uterushöhle etwas wärmer, Cervicalcanal etwas kühler.)	
Harn	37,03

Blut.

3. Temperatur des Blutes im Mittel 39° C. In inneren Körpertheilen ist das venöse Blut wärmer als das arterielle, in peripherischen jedoch kälter.

Blut des rechten Herzens	38,8	Claude Bernard
„ „ linken Herzens	38,6	
„ der Aorta	38,7	
„ „ Venae hepaticae	39,7	
„ „ Vena cava superior	36,78	G. v. Liebig
„ „ „ „ inferior	38,11	
„ „ „ cruralis	37,20	

Die niedrigere Temperatur des linken Herzblutes erklärt sich daraus, dass das Blut während der Athmung in der Lunge abgekühlt wird. Diese zuerst von G. v. Liebig gefundene Thatsache wird von Anderen bestritten, welche dem linken Herzen eine etwas höhere Temperatur zuschreiben (Jacobson und Bernhardt), weil im arteriellen Blute lebhaftere Verbrennungsvorgänge vorkommen. — In naheliegenden oder gleichnamigen Venen pflegt das Blut (wegen der grösseren Wärmeabgabe auf seinem langsameren Wege) niedrigere Temperatur zu haben, als in den correspondirenden Arterien (Haller): so ist das Blut der Vena jugularis $^1/_2$—2° C. niedriger temperirt, als in der Carotis (Colin); — in der Vena cruralis $^3/_4$—1° kühler als in der Art. cruralis (Becquerel und Brechet). Oberflächliche Venen, namentlich der Haut, geben viel Wärme ab und haben daher kühleres Blut. Das wärmste Blut haben die Lebervenen, 39,7° C. (Claude Bernard) [nicht allein wegen der Drüsenthätigkeit der Leber; (siehe 211. a.)] schon wegen der ausserordentlich geschützten Lage des Organes.

Gewebe.

4. Temperatur der Gewebe.

Die einzelnen Gewebe sind um so wärmer: — 1. je mehr dieselben durch Umsetzung von Spannkräften zur Wärmebereitung beitragen, d. h. je grösser ihr Stoffwechsel ist, — 2. je blutreicher sie sind, und — 3. je geschützter ihre Lage ist. Nach Heidenhain und Körner soll das Grosshirn am wärmsten sein.

Berger mass beim Schaf verschiedene Gewebe und fand:

		Daneben war die Wärme im:	
Unterhautzellgewebe	37,35		
Gehirn	40,25	Mastdarm	40,67
Leber	41,25	Rechten Herzen	41,40
Lungen	41,40	Linken Herzen	40,90

Beim Menschen fanden Becquerel und Brechet die Temperatur des Unterhautzellgewebes 2,1° C. niedriger als die der benachbarten Muskeln. — Die Horngewebe haben gar keine selbst erzeugte Wärme; ihre geringe Temperatur verdanken sie der Mittheilung von der Matrix, auf der sie wachsen. — Die Temperatur der Cornea hängt ab von der Iris, sie muss, je enger das Sehloch ist, um so mehr Wärme aus den Gefässen der Iris erhalten.

211. Einflüsse auf die Temperatur der Einzelorgane.

Die Temperatur der Einzelorgane ist keineswegs eine constant hohe, vielmehr gibt es mancherlei Einflüsse, welche dieselbe bald steigen, bald fallen machen. Im Allgemeinen sind die folgenden Gesichtspunkte massgebend.

Einfluss der selbstständigen Wärme-production.

1. Je mehr ein Körpertheil selbstständig Wärme in sich erzeugt, um so höher ist die Temperatur desselben. Da die Wärmeerzeugung von dem in den Organen thätigen Stoffwechsel abhängt, so ergibt sich, dass mit der Höhe des Stoffwechsels die Höhe der Wärmeproduction gleichen Schritt halten wird.

a) Die Drüsen produciren während ihrer Secretion viel Wärme. Man erkennt dies an der höheren Temperatur, welche sie entweder ihrem Secrete, oder dem abfliessenden Venenblute mittheilen. So fand Ludwig den abfliessenden Speichel bei Reizung des N. tympanico-lingualis um 1,5° C. höher temperirt, als das Carotidenblut, welches durch die Drüsenarterie dem Secretionsorgan zuströmt. In der secernirenden Niere ist das abfliessende Venenblut wärmer, als das zuströmende Arterienblut. Namentlich producirt die secernirende Leber viele Wärme. Claude Bernard untersuchte bei dieser die Temperatur des zufliessenden Pfortaderblutes und des abströmenden Lebervenenblutes im Hungerzustande, im Beginn der Verdauung und während der Höhe derselben. Er fand:

Temperatur der Pfortader	37,8° C.	Hungerzustand seit 4 Tagen	Rechtes Herzblut, nüchtern . . 38,8
„ „ Lebervenen	38,4		
Temperatur der Pfortader	39,9	Beginn der Verdauung.	
„ „ Lebervenen	39,5		
Temperatur der Pfortader	39,7	auf der Höhe der Verdauung	Rechtes Herzblut während der Verdauung . 39,2
„ „ Lebervenen	41,3		

Arnold sah bei einem Thiere mit Gallenfistel die Temperatur im Mastdarm parallel gehen mit der Reichhaltigkeit der gewonnenen Gallenrückstände.

b) Die Muskeln erzeugen bei ihrer Contraction Wärme (Buntzen 1805). Davy fand den thätigen Muskel um 0,7° C. wärmer; Becquerel constatirte durch das Thermogalvanometer im contrahirten Menschenmuskel nach 5 Minuten eine Zunahme

der Muskelwärme im Innern um 1° C. (Siehe Muskelphysiologie.) Daher kommt es, dass bei Schnellläufern die Temperatur über 40° steigen kann. Die gesteigerte Temperatur nach energischer Muskelaction gleicht sich erst bis gegen $1^1/_2$ Stunden nach eingetretener Ruhe wieder aus (Billroth). Nur zum Theil rührt die geringere Temperatur gelähmter Glieder her von dem Ausfall der Muskelcontractionen.

c) Auch bei der Nerventhätigkeit, namentlich bei geistiger Anstrengung nimmt die Wärme zu. Davy beobachtete nach angestrengter geistiger Arbeit eine Temperaturzunahme um 0,3° C.

d) Die Parenchymflüssigkeiten, serösen Flüssigkeiten und die Lymphe erzeugen wegen der spärlichen Umsetzungen in ihnen nur wenig Wärme, sie haben daher die Temperatur der Umgebung; die Epidermoidal- und Horngebilde erzeugen gar keine Wärme, leiten daher ihre Temperatur nur von ihrem Mutterboden ab.

Einfluss der Circulation.

2. Von dem Blutreichthum eines Organes, sowie von der Zeit, innerhalb welcher die Blutmasse desselben durch die Circulation sich erneuert, wird in hohem Grade die Eigenwärme bestimmt.

Am deutlichsten zeigt sich dies in dem Temperaturunterschiede der kalten blassen und der warmen gerötheten Haut. — Als Becquerel und Brechet die Art. axillaris eines Mannes comprimirten, sank die Temperatur im Innern des Musc. biceps brachii um mehrere Zehntel. Die Unterbindung der A. iliaca bei einem Hunde hatte zur Folge, dass die Wärme des Beines innerhalb 18 Minuten um $^1/_2$° C. sank. Die Lösung der Ligatur liess nachher schnell die Temperatur wieder zur früheren Höhe ansteigen. Nach Ligatur der Arteria und Vena cruralis bei Hunden sah ich die Temperatur um mehrere Grade sinken.

Es soll hier jedoch noch auf einen Unterschied hingewiesen werden, der gegenüber den inneren und äusseren Körpertheilen herrscht, der besonders von Liebermeister betont ist. Die äusseren Körpertheile geben mehr Wärme nach aussen ab, als sie in sich erzeugen; sie werden daher um so kälter sein, je langsamer neues warmes Blut in sie hineinströmt, — um so wärmer, je schneller die Stromgeschwindigkeit ist. Strombeschleunigung macht also die peripheren Theile mehr und mehr gleichwarm mit dem Körperinnern, Strombehinderung macht sie mehr gleichwarm mit dem umgebenden Medium. — Gerade entgegengesetzt verhalten sich die innern Theile: hier findet starke Wärmeproduction statt, Wärmeabgabe erfolgt aber fast nur an das durchströmende Blut. Es muss also in ihnen die Temperatur sinken, wenn die Blutströmung beschleunigt wird, sie muss gesteigert werden, wenn die Strömung sich verlangsamt (Heidenhain). Hieraus folgt: je grösser die Temperaturdifferenz zwischen der Peripherie und dem Körperinnern ist, um so geringer ist die Circulationsgeschwindigkeit.

Einfluss der Lage.

3. Bedingt es die Lage eines Organes oder bringen sonstige Verhältnisse es mit sich, dass ein Körperorgan durch Leitung und Strahlung viel Wärme abgeben muss, so nimmt die Temperatur des Organes ab.

In erster Linie ist hier wieder die Haut zu nennen, welche, je nachdem sie in kalter oder warmer Umgebung ist, je nachdem sie bekleidet oder bloss, ob sie trocken oder durch Schweiss befeuchtet ist (der durch Verdunstung Wärme entzieht) verschiedene Temperatur

zeigen muss. — Bei Genuss reichlicher kalter Speisen und Getränke wird der Magen, — bei Einathmung eisiger Luft wird der Respirationscanal bis zum Bronchialbaum sich abkühlen müssen.

Sehr lebhafte Wärmebildung in Einzelorganen, wie z. B. starke Muskelthätigkeit, lebhafte Drüsenfunction (namentlich zur Zeit der Verdauung) kann natürlich die Gesammttemperatur des Körpers etwas erhöhen. Umgekehrt werden alle solche Momente, welche von Einzelorganen mehr Wärme ableiten, auch den gesammten Körper um etwas abkühlen.

212. Wärmemengen-Messung: Calorimetrie.

Calorimetrie.

Die Calorimetrie belehrt uns darüber, eine wie grosse Wärmemenge ein zu untersuchender Körper besitzt, — oder zu erzeugen vermag. Als Einheitsmass gilt die „Wärmeeinheit", d. h. dasjenige Mass lebendiger Kraft, welches 1 Gr. Wasser um 1° C. höher zu temperiren vermag.

Die Versuche haben gezeigt, dass gleichgrosse Mengen verschiedenartiger Körper sehr ungleiche Wärmemengen gebrauchen, um gleiche Temperaturerhöhungen zu erhalten, d. h. um den gleichen Wärmegrad zu zeigen: z. B. gebraucht 1 Kilo Wasser neunmal mehr Wärme als 1 Kilo Eisen, um gleich hoch temperirt zu werden. Wo wir also, wie im Körper, verschiedenartige Materien von gleich hoher Temperatur finden, wird denselben eine verschieden grosse Wärmemenge innewohnen. Dieselbe Wärmemenge auf zwei verschiedenartige Körper übertragen, wird also auch ungleiche Temperaturen derselben bewirken. Dahingegen ist es wohl denkbar, dass ungleich hoch temperirte Körper gleiche Wärmemengen besitzen. Man nennt diejenige Wärmemenge, welche eine bestimmte Quantität (z. B. 1 Gramm) eines Körpers erfordert, um auf einen bestimmten höheren Grad (z. B. um 1° C.) temperirt zu werden, seine „specifische Wärme" (Wilke 1780). Die specifische Wärme des Wassers (welches die grösste aller Körper besitzt), wird = 1 gesetzt. Wärmecapacität nennen wir diejenige Eigenschaft der Körper, vermöge derer sie eine verschieden grosse Wärmemenge aufnehmen müssen, um eine bestimmte Temperaturerhöhung zu erhalten (Crawford).

Die Calorimetrie wird angewendet:

Bestimmung der specifischen Wärme.

I. Zur Bestimmung der specifischen Wärme der verschiedenen Körperorgane. Es liegen nach dieser Richtung bis jetzt nur vereinzelte Untersuchungen vor.

Die specifische Wärme beträgt für folgende thierische Theile (die des Wassers = 1 gesetzt):

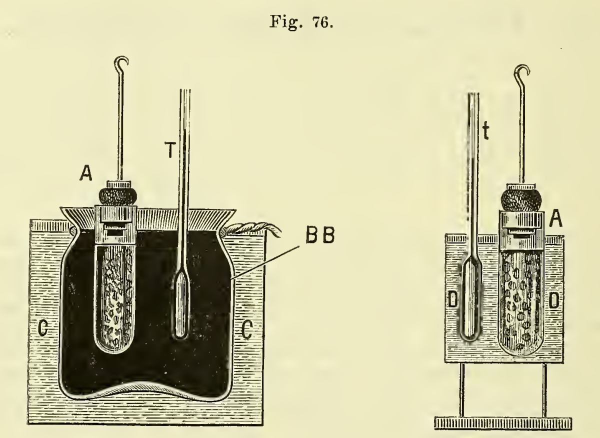
Blut vom Mensch	= 1,02 im Mittel	Compacter Knochen . . 0,3		J. Rosenthal
Arterielles Blut	= 1,031 „ „	Spongiöser Knochen . . 0,71		
Venöses Blut	= 0,892 „ „	Fettgewebe 0,712		
Kuhmilch	= 0,992 „ „	Quergestreifter Muskel . 0,825		
Fleisch (Mensch)	= 0,741 „ „	Defibrinirtes Blut . . . 0,927		
Ochsenfleisch	= 0,787 „ „			

Die specifische Wärme des menschlichen Körpers insgesammt ist ungefähr (?) diejenige einer gleichen Gewichtsmenge Wassers.

Kopp hat die specifische Wärme fester und flüssiger Körper durch folgende Methode bestimmt (Figur 76): Die zu untersuchende feste Substanz

wird in Stückchen von Erbsengrösse zerlegt und sodann in ein dünnwandiges Reagenzglas A eingefüllt, welches oben mittelst eines nicht völlig schliessenden Korks verstopft ist, aus dessen Mitte ein hakenförmig gebogener Messingdraht hervorragt. Das Reagenzröhrchen A enthält in den Lücken der festen Substanz ein gewisses Quantum von Flüssigkeit, welches dieselbe nicht löst und dieselbe ein wenig im Gläschen überragt. Drei Wägungen: 1. des leeren Glases, 2. nach dem Einfüllen der festen Substanz, 3. nach dem Einfüllen der Zwischenflüssigkeit lehren das Gewicht der festen Substanz (m) und das der Flüssigkeit (f) kennen. In einem Quecksilberbade (BB), welches seinerseits wieder in einem heissen Oelbade (CC) steht, wird das Gläschen und die enthaltene Substanz auf eine höhere Temperatur gebracht, welche das gleichzeitig eingetauchte feine Thermometer (T) anzeigt. Hat das Röhrchen die beabsichtigte

Fig. 76.



Kopp's Apparat zur Bestimmung der specifischen Wärme.

Temperatur (etwa 40°) angenommen, so wird es schnell in das Wasser des nebenstehenden Calorimeterkästchens (DD) eingetaucht. Das Wasser desselben, welches zugleich das feine Thermometer (A) eingetaucht enthält, wird stetig umgerührt, so lange, bis das Wasser die von dem Röhrchen ausgehende Wärme völlig in sich aufgenommen hat. Bezeichnet man mit T die Temperatur, auf welche das Reagenzröhrchen mit Inhalt im Quecksilberbade erwärmt war, mit T_1 diejenige, bis zu welcher sie sich im Calorimeter abgekühlt hat, ist ferner s die specifische Wärme und m das Gewicht des festen Körpers im Reagenzröhrchen, bezeichnet ferner σ und μ die specifische Wärme und das Gewicht der im Reagenzröhrchen ausserdem enthaltenen Zwischenflüssigkeit, ist endlich w die Wärmemasse, welche in Beziehung auf Wärmezunahme und Wärmeabgabe mit dem Röhrchen A, so weit es mit Wasser in Berührung kommt, gleichwerthig ist, so ist die Wärmemenge W, welche das Reagenzröhrchen sammt Inhalt während seiner Abkühlung im Calorimeter abgibt:

$$W = (s \cdot m + w + \sigma \cdot \mu)(T - T_1).$$

Die Wärmemenge W_1, welche das Calorimeter aufnimmt, ist aber

$$W_1 = M(t_1 - t),$$

wenn M das Gewicht des im Calorimeter enthaltenen Wassers bezeichnet, und wenn ferner t die ursprüngliche Temperatur des Calorimeterwassers und t_1 die Temperatur desselben ist, auf welche es durch das Eintauchen des Reagenzröhrchens A mit seinem Inhalte erwärmt ist. Setzt man die Werthe W und W_1 einander gleich, so ergibt sich:

$$\text{Die specifische Wärme } s = \frac{M(t_1 - t) - (w + \sigma \cdot \mu)(T - T_1)}{m(T - T_1)}$$

Befindet sich in dem Reagenzröhrchen als zu untersuchender Körper eine flüssige Substanz allein, deren Gewicht = m, und deren specifische Wärme = s ist, so reducirt sich die vorstehende Formel für die specifische Wärme der zu untersuchenden Flüssigkeit auf die Formel:

$$s = \frac{M(t_1 - t) - w(T - T_1)}{m(T - T_1)}.$$

Durch diese an sich einfache Methode ist man im Stande, die specifische Wärme der im menschlichen Körper vorkommenden festen und flüssigen Bestandtheile zu bestimmen. Es bietet sich hier ein noch fast völlig unbearbeitetes Feld für Untersuchungen dar. — J. Rosenthal benutzte zu seinen Untersuchungen ein Eiscalorimeter.

Bestimmung der Wärme-Production.

II. Viel wichtiger ist die Anwendung der Calorimetrie zur Bestimmung der Wärmemengen, welche entweder der Gesammtkörper, oder ein einzelnes Glied in einer bestimmten Zeit zu produciren im Stande ist.

Lavoisier und Laplace machten die ersten calorimetrischen Versuche bei Thieren (1783) mittelst des Eiscalorimeters: ein Meerschweinchen schmolz in 10 Stunden 13 Unzen Eis. Crawford und später Dulong und Despretz (1824) benutzten hierzu das Rumford'sche Wasser - Calorimeter (dem das (pg. 377) von uns schon beschriebene von Favre und Silbermann in Anwendung gezogene nachgebildet und ähnlich ist). Kleine Thiere wurden in den aus dünnem Kupferblech gefertigten Innenkasten (K) des Calorimeters gebracht, welcher in einer grossen Wassermasse (die ringsum von schlechten Wärmeleitern umgeben war) untergetaucht war. Die Menge des umgebenden Wassers und dessen Anfangstemperatur war bekannt. Aus der Temperatursteigerung am Ende des mehrere Stunden dauernden Versuches liess sich direct die Menge der gelieferten Calorien berechnen. Die Athmungsluft wurde dem Thiere durch eine besondere Röhre aus einem Gasometer zugeführt. Die abgeleiteten Gase wurden chemisch auf CO^2 quantitativ untersucht.

So bildete nach Despretz eine Hündin innerhalb einer Stunde 14610 Wärmeeinheiten, d. i. in 24 Stunden 393000 Einheiten. (Es ist ungenauer Weise unterlassen worden die Temperatur des Thieres vor und nach dem Versuche zu messen.) Gleiche Intensität des Stoffwechsels vorausgesetzt würde diesem Versuche entsprechend ein etwa 7mal schwererer Mensch innerhalb 24 Stunden gegen 2,750.000 Calorien erzeugen. — Senator fand bei einem Hunde von 6330 Gr. die Bildung von 15370 Calorien unter gleichzeitiger Abscheidung von 3,67 Gr. CO_2. Die ersten calorimetrischen Versuche beim Menschen hat Scharling (1849) angestellt. Liebermeister hat im kalten Bade, welches ringsum durch wollene Decken verhangen war, die Wärmemengen bestimmt, welche der Mensch von seinem Körper (mit Ausnahme des Kopfes) abgibt.

Partial-Calorimetrie.

Leyden brachte allein den Unterschenkel in den Calorimeterraum. Dieser erhöhte 6600 Gr. Wasser in einer Stunde um 1° C. Nimmt man an, dass die Gesammtoberfläche des Körpers gegen 15mal so gross ist, als die Unterschenkelfläche, so würde (gleiche Abgabe vorausgesetzt) der menschliche Körper in 24 Stunden 2,376.000 Calorien produciren.

Winternitz hat die Calorimetrie noch für eine beschränktere Hautfläche in Anwendung gezogen, nämlich für 15 □Centimeter. Das Werkzeug und dessen Gebrauch wird unten (im Abschnitte über Regulirung der Wärme, pg. 399) beschrieben.

213. Die Wärmeleitung thierischer Gewebe; Ausdehnbarkeit derselben durch die Wärme.

Die Wärmeleitung thierischer Gewebe kommt zumeist in Betracht für die Anordnung der äusseren Haut und des Unterhautfettgewebes. Letzteres besonders bietet den in kalten Gewässern lebenden Warmblütern (wie Wal, Walross, Seehund) einen Schutzpanzer, durch den hindurch die Wärmeentziehung mittelst Leitung aus dem Körperinnern geradezu unmöglich ist. — Untersuchungen über den vorliegenden Gegenstand sind spärlich. Greiss (1870) hat für die folgenden Gewebe die Leitung bestimmt, indem er von einem central in den Geweben angebrachten Erwärmungsort durch Schmelzen aufgetragenen Wachses den Bereich der Leitung zur Anschauung brachte. Er untersuchte Hammelmagen, Ochsenblase, Rindshaut, Kalbsklaue, Ochsenhuf, Ochsenknochen, Büffelhorn, Hirschgeweih, Elfenbein, Perlmutter, Haliotisschale (Meerschnecke). Er fand, dass die faserigen Gewebe in der Richtung ihrer Fasern besser leiteten, als senkrecht auf den Faserverlauf. Die Schmelzfiguren auf den flächenhaft ausgebreiteten Geweben waren daher meist elliptisch. — Ich habe für eine Reihe von Geweben des Menschen die Versuche in der Art angestellt, dass von einem dauernd mit kochendem Wasser angefüllten dünnwandigen Reagenzgläschen, welchem die Gewebe in gleich dicken Schichten dicht angefügt waren und weiterhin flächenartig ausgebreitet durch Fäden gestützt wurden, der Schmelzbereich aufgetragenen Parafins bestimmt wurde. Austrocknung wurde vermieden, desgleichen Einwirkung strahlender Wärme. Ich habe die bessere Leitung in der Richtung der Fasern bestätigen können. Nächst dem Knochen fand ich am besten leitend den Blutkuchen, dann folgten der Reihe nach Milz, Leber, Knorpel, Sehne, Muskel, elastisches Band, Nägel und Haare, blutlose Haut, Magenschleimhaut, ausgewaschene Fibrinfasern. Von ganz besonderem Interesse erscheint mir hier das grosse Wärmeleitungsvermögen des Blutes gegenüber dem viel geringeren der blutlosen Haut. So erklärt sich, wie bei blutleerer Haut Wärme nur wenig abgeleitet wird, während die blutreiche Haut um vieles stärker die Wärme leitet und abgibt.

Leitung der Einzelgewebe.

Ausdehnung des Körpers durch die Wärme.

Wie alle Körper, so dehnt sich auch der menschliche bei höherer Temperatur aus. Ein Mensch, 60 Kilo schwer, wird bei einer Steigerung seiner Körpertemperatur von 37° C. auf 40° C. sich ungefähr um 62 Cub.-Cmtr. ausdehnen.

214. Schwankungen der mittleren Körpertemperatur.

Erdregionen.

1. Allgemeine klimatische und somatische Einflüsse. In den Tropen ist die Körpertemperatur im Durchschnitt etwa $^1/_2$° C. höher, als in den gemässigten Klimaten; in diesen desgleichen um wenige Zehntel höher, als in den kalten Zonen. Diese Differenz muss als unbedeutend erscheinen, wenn man bedenkt, dass der Mensch am Aequator und am Pol einer Temperatur der Umgebung ausgesetzt ist, welche über 40° C. von einander abweicht. Beobachtungen an über 4000 Individuen haben ferner gezeigt, dass, wenn ein Mensch aus einem warmen Klima in ein kaltes übergeht, seine Temperatur nur sehr wenig abnimmt, dass dagegen, wenn ein Individuum aus kalter Region in ein heisses Klima übertritt, dessen Temperatur relativ beträchtlicher ansteigt. — In der gemässigten Zone pflegt die Körpertemperatur in kalter Winterzeit 0,1—0,3° C. niedriger zu sein, als an heissen Sommertagen. — Die Erhebung einer Gegend über der Meeresfläche hat keinen nachweisbaren Einfluss auf die

Jahreszeiten.

Boden-erhebung.

Temperatur. — Bei den verschiedenen Völkerrassen, sowie auch bei den verschiedenen Geschlechtern herrscht keine Differenz (sonstige gleiche Verhältnisse vorausgesetzt). Kräftige vollsaftige Constitutionen sollen im Allgemeinen eine etwas höhere Temperatur besitzen, als schwächliche, schlaffe, blutarme.

Rassen.

Constitutionen.

2. Einfluss des Gesammtstoffwechsels. Da die Wärmebildung geknüpft ist an die Umsetzung der chemischen Verbindungen, aus denen (neben H_2O-Bildung) als vornehmlichste Auswurfsstoffe schliesslich CO_2 und Harnstoff hervorgehen, so wird mit der Mengenproduction dieser beiden Auswürflinge die Menge der gebildeten Wärme gleichen Schritt halten. — Der schon nach einer reichen Mahlzeit sich einstellende lebhaftere Stoffwechsel bewirkt eine Temperaturerhöhung um einige Zehntel („Verdauungsfieber"). — Da an Hungertagen der Gesammtstoffwechsel naturgemäss viel geringer ist, als an Tagen, an denen ein normales Mass von Nahrungsmitteln aufgenommen wird, so ist es erklärbar, dass beim Menschen die Temperatur an Hungertagen 36,6, an gewöhnlichen Tagen 37,17 durchschnittlich gefunden wurde (Lichtenfels und Fröhlich).

Verdauung.

Inanition.

Auch Jürgensen fand beim Menschen am ersten Inanitionstage Abfälle der Temperatur, (jedoch sodann am zweiten eine vorübergehende Steigerung). — Bei den an Thieren angestellten Hungerversuchen zeigte sich, dass die Temperatur anfänglich stark fiel, dann längere Zeit sich ziemlich constant hielt, endlich in den letzten Tagen noch stärker abnahm. Schmidt liess eine Katze verhungern: bis zum 15. Tage zeigte sie 38,6° C., dann folgte am 16. Tage 38,3, — am 17. Tage 37,64 — am 18. Tage 35,8 — am 19. Tage (Todestag) 33,0. — Chossat sah bei seinen Inanitionsversuchen Säuger und Vögel am Tage des Hungertodes sogar um 16° C. niedriger temperirt, als im normalen Zustande.

3. Einfluss des Alters. Das Alter hat einen nachweisbaren Einfluss auf die Körpertemperatur. Theilweise wird die Höhe des Gesammtstoffwechsels für die Wärme des Körpers in den verschiedenen Altern massgebend sein müssen; zum Theil mögen aber auch noch Einflüsse unbekannter Art mitwirken.

Alter.

Alter	Mitteltemperatur bei Zimmerwärme	Normale Grenzen	Ort der Messung
Neugeborener	37,45	37,35—37,55	Mastdarm
5—9 Jahre	37,72	37,87—37,62	Mund und Mastdarm
15—20 „	37,37	36,12—38,1	Achselhöhle
21—30 „	37,22		desgleichen
25—30 „	36,91		desgleichen
31—40 „	37,1	36,25—37,5	desgleichen
41—50 „	36,87		desgleichen
51—60 „	36,83		desgleichen
80 „	37,46		Mundhöhle

Besondere Eigenthümlichkeiten bietet die Temperatur des Neugeborenen, wie bei den plötzlich umgewandelten Lebensbedingungen

Neugeborene.

leicht ersichtlich ist. Unmittelbar nach der Geburt ist das Kind im Mittel 0,3° höher temperirt, als die Vagina der Mutter, nämlich 37,86°. Schon kurze Zeit nach der Geburt sinkt die Temperatur um etwa 0,9°; nach 12—24 Stunden hat sie sich aber zur Mitteltemperatur des Säuglings wieder erhoben, welche 37,45 ist. Einige, aber unregelmässige Schwankungen kommen in der ersten Woche des Lebens vor. Im Schlafe sinkt bei den Säuglingen die Temperatur um 0,34 bis 0,56°; anhaltendes Schreien kann um einige Zehntel die Temperatur steigern. — *Greise* produciren wegen ihres geringeren Stoffwechsels weniger Wärme, sie frieren leichter und haben daher das Bedürfniss nach wärmerer Kleidung, um ihre Körpertemperatur gleich hoch zu erhalten.

Greise.

Tagesschwankungen.

4 *Periodische Schwankungen am Tage.* Im Verlaufe von 24 Stunden zeigen sich constante Schwankungen der mittleren Temperatur, die allen Lebensaltern zukommen. Im Allgemeinen gilt: *Bei Tage steigt die Temperatur anhaltend* (Maximum um 5—8 Uhr Abends), — *bei Nacht fällt sie anhaltend* (Minimum um 2—6 Uhr Morgens). *Die mittlere Körpertemperatur liegt in der dritten Stunde nach dem Frühstück* (*Lichtenfels* und *Fröhlich*).

Stunde	Bärensprung	J. Davy	Hallmann	Gierse	Jürgensen	
Morg. 5					36,7	36,6
6	36,68				36,7	36,4
7		36,94 *	36,63	36,98	36,7 *	36,5 *
8	37,16 *		36,80 *	37,08 *	36,8	36,7
9		36,89			36,9	36,8
10	37,26		$10^1/_2$ = 37,36	37,23	37,0	37,0
11		36,89			37,2	37,2
Mitt. 12	36,87				37,3 *	37,3 *
1	36,83		37,21	37,13	37,3	37,3
2		37,05		37,50 *	37,4	37,4
3	37,15 *			37,43	37,4 *	37,3 *
4		37,17			37,4	37,3
5	37,48	37,05 *	$5^1/_2$ = 37,31	37,43	37,5	37,5
6		$6^1/_2$ = 36,83		37,29	37,5	37,6
7	37,43	$7^1/_2$ = 36,50 *	37.31 *		37,5 *	37,6 *
8					37,4	37,7
9	37,02 *				37,4	37,5
10				37,29	37,3	37,4
11	36,85	36,72	36,70	36,81	37,2	37,1
Nacht. 12					37,1	36,9
1	36,65	36,44			37,0	36,9
2					36,9	36,7
3					36,8	36,7
4	36,31				36,7	36,7

[* bedeutet *Nahrungsaufnahme*.]

Nach *Lichtenfels* und *Fröhlich* steigt die Temperatur am Morgen nach dem Frühstück 4—6 Stunden hindurch bis zu ihrem ersten Maximum; dann sinkt sie bis zum Mittagsmahle; nach diesem erhebt sie sich wieder inner-

halb zwei Stunden zum zweiten Maximum; dann fällt sie wieder bis zum Abend, ohne dass das Abendbrod eine merkliche Steigerung nach sich zöge. — Jürgensen notirte den folgenden Temperaturgang: In der Nacht von $1^1/_2$—$7^1/_2$ Uhr herrscht ein Minimum; von $7^1/_2$—$10^1/_2$ steigt die Temperatur erst langsam, dann schneller, bis sie $10^1/_2$—1 eine constante Höhe erreicht hat; um 1 findet eine kurze Hebung und kurze Senkung statt, dann steigt die Temperatur rasch bis zu ihrem Maximum um 4; das Maximum dauert von 4—9; von dieser Stunde bis zum späten Abend erfolgt anfangs schnelleres, dann langsameres Absinken.

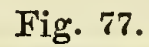
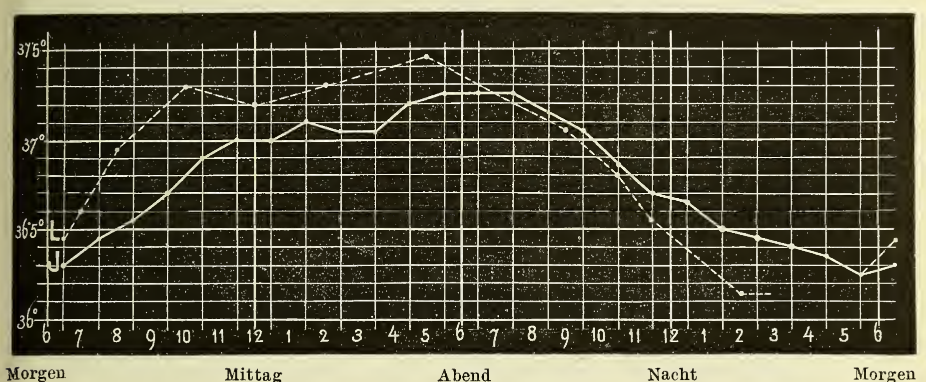


Fig. 77.



Morgen Mittag Abend Nacht Morgen

L .... Tages- und Nachtschwankungen der Temperatur nach Liebermeister.

J ———— Dieselben nach Jürgensen.

Schwankungen der Körpertemperatur des Gesunden innerhalb 24 Stunden: L nach Liebermeister. — J nach Jürgensen.

Da sich die Tagesschwankungen der Temperatur auch während eines Hungertages zeigen (wenngleich die Steigerungen nach den Mahlzeitszeiten etwas geringer ausfallen), so kann die Nahrungsaufnahme nicht allein die Schwankungen bedingen.

Die tägliche Schwankung der Pulsfrequenz fällt oft mit den Temperaturhöhen zusammen; Bärensprung fand, dass das mittägliche Wärmemaximum dem Pulsmaximum etwas vorauf ging. (Vgl. pg. 142. c.)

Wenn man am Tage schläft und alle sonstigen Tagesverrichtungen des Nachts ausführt, so kann man den beschriebenen typischen Gang der Temperaturcurve umkehren (Krieger).

Rücksichtlich der Thätigkeit oder Ruhe des Menschen scheint bei dem am Tage thätigen Menschen die Temperatur am Tage durchschschnittlich höher, in der Nacht durchschnittlich tiefer, als beim ruhenden Menschen (Liebermeister).

Schwächung der Circulation.

5. Manche Eingriffe am Körper erzeugen Schwankungen der Temperatur. Nach dem Aderlass fällt zuerst die Temperatur, darauf steigt dieselbe wieder unter Eintritt von Frösteln um einige Zehntel; in den paar ersten Tagen

fällt sie dann wieder auf die frühere Höhe und sinkt sogar noch etwas unter diese herab.

Sehr profuse, acute Blutverluste bedingen eine Temperaturabnahme von 1/2—2° C. Sehr lang anhaltende umfangreiche Blutungen führen bei Hunden selbst bis zu 31° und 29° (Marshal Hall).

Hier ist offenbar die Herabsetzung der Oxydationsprocesse in dem blutarmen Körper und die geschwächte Circulation die Ursache der Temperaturerniedrigung. Analoge Zustände des verminderten Stoffumsatzes lassen sich bewirken, wenn man bei Thieren etwa 1/2 Stunde lang den peripheren Vagusstumpf reizt, so dass der Herzstoss enorm langsam wird, und mit ihm der gesammte Blutlauf. So konnte ich Kaninchen in kurzer Zeit um mehrere Grade abkühlen (Landois und Ammon).

Transfusion. Nach einer jeden Transfusion von irgend erheblicher Blutmenge steigt die Temperatur etwa 1/2 Stunde nach der Operation beginnend zu einem ausgesprochenen Fieberanfalle, der nach einigen Stunden vergangen ist. Schon die directe Ueberleitung aus der Arterie in die benachbarte Vene desselben Thieres zeigt dasselbe (Albert und Stricker). (Vgl. pg. 408. c.)

Gifte. 6. Manche Gifte, namentlich Chloroform (Scheinesson) und die Anaesthetica, sodann der Alkohol, ferner Digitalis, Nicotin, Curare bewirken eine Herabsetzung der Temperatur. Dieselben könnten entweder auf das Blut wirken und dessen oxydirende Kraft beschränken, oder aber sie könnten die Gewebe zur wärmebildenden Molecularumsetzung weniger geeignet machen. Bei den Anaestheticis ist es vielleicht ein Zustand letzterer Art, vielleicht in einem Halbfestwerden oder einer Halbgerinnung des Nervenmarkes beruhend, der die Ursache abgibt.

Krankheiten. 7. Krankheiten haben einen entschiedenen Einfluss auf die Körpertemperatur. Loewenhardt fand bei Tobsüchtigen in der letzten Woche vor dem Tode 30—31° C. im Rectum. — Temperaturüberschreitungen zeigt ganz allgemein das Fieber, bei welchem als höchste Temperaturnummer Wunderlich (noch vor dem Tode) 44,75° C. mass. (Vgl. pg. 412. — 224.)

215. Regulirung der Wärme.

Da der Mensch und die übrigen Gleichwarmen unter den verschiedensten Verhältnissen ihre Körpertemperatur auf einer gleichen Höhe zu erhalten vermögen, so müssen dem Körper Mechanismen eigen sein, wodurch die Wärmeökonomie einer stetigen Regulirung unterworfen ist. Letztere kann sich offenbar nach zwei Richtungen hin wirksam erweisen: entweder dadurch, dass die Menge des molecularen Umsatzes, wodurch Spannkraft in die lebendige Kraft der Wärme sich umsetzt, beherrscht wird, oder dadurch, dass auf die Wärmeabgabe aus dem Körper nach Massgabe der Production, oder der Einwirkung von aussen eingewirkt wird.

I. Regulatorische Vorrichtungen, welche die Wärmeproduction beherrschen.

Liebermeister rechnet die Wärmeproduction eines mittelgrossen Menschen auf 1,8 Calorie pro Minute. Es ist nun im höchsten Grade wahrscheinlich, dass im Körper Mechanismen thätig sind, von deren Erregung das Mass der wärmeerzeugenden Molecularumsetzungen abhängig ist (Hoppe, Liebermeister). Vor allem ist daran zu denken, dass diese Anregung reflectorischer Art sei: es könnten von den peripherischen Enden der Hautnerven (durch thermische Erregungen), oder der Nerven des Darmes und der Verdauungsdrüsen (durch mechanische oder chemische Anregung während der Verdauung oder während der Inanition) Erregungen sich auf ein Wärmecentrum übertragen, von welch' letzterem aus durch centrifugale Fasern auf die Spannkraftdepots eingewirkt würde, sei es behufs Anregung eines vermehrten, sei es eines verminderten Umsatzes. Die für diese Hypothese zu fordernden Nervenleitungen sind indessen bis dahin noch völlig unbekannt. Allerdings sprechen mancherlei Erscheinungen dafür, dass eine solche Annahme nicht ungerechtfertigt sei.

Regulirung der molecularen Umsetzungen.

Die auf die Wärmeproduction einwirkenden regulatorischen Vorrichtungen geben sich in folgenden Erscheinungen zu erkennen.

1. Bei mässiger vorübergehender Einwirkung der Kälte steigt die Körpertemperatur, — bei ähnlicher Einwirkung der Wärme auf die äusseren Bedeckungen fällt dieselbe. (Genaueres hierüber siehe unten über Einwirkung der Wärme und Kälte.)

Aeussere Wärme-Wirkung auf die Haut.

2. Abkühlung der Umgebung vermehrt durch Steigerung der Wärmeproduction die CO_2-Abgabe (Liebermeister); — Erwärmung der Umgebung vermindert diese. (Vgl. Athmung pg. 243.)

Dittmar Finkler fand bei Versuchen an Meerschweinchen, dass die Wärmeproduction durch eine Abnahme der Umgebungstemperatur um etwa 24° C. bei kräftigen Thieren um mehr als das Doppelte gesteigert wurde. So steigerte auch der Winter den Stoffwechsel des Meerschweinchens im Verhältniss zum Sommer um etwa 23%; er führte also eine Veränderung der Wärmeproduction im Allgemeinen herbei, welche ganz analog ist dem Verhalten derselben gegenüber kürzer dauernder Erniedrigungen der Umgebungstemperatur.

C. Ludwig und Sanders Ezn sahen bei Kaninchen, deren Umgebung von 38° auf 6—7° abgekühlt war, eine schnelle Steigerung der CO_2-Ausgabe; umgekehrt verminderte sich dieselbe bei diesen Thieren, als ihre Umgebung von 4—9° bis auf 35—37° höher temperirt wurde. Die thermische Anregung von der Umgebung aus hat also auf die Verbrennung des C eingewirkt. Hiermit steht im Einklang die Beobachtung von Pflüger: dieser fand bei Kaninchen, welche in kaltes Wasser getaucht waren, vermehrten O-Verbrauch und gesteigerte CO_2-Ausscheidung.

War die Wirkung der Abkühlung so eindringlich, dass die Körpertemperatur sogar bis 30° sank, so nahm auch der Gaswechsel ab, um bei weiterer Erkältung bis auf 20° nur noch die Hälfte des normalen Austausches zu betragen. Man hat allerdings diesen Versuchen gegenüber von einigen Seiten darauf hingewiesen, dass CO_2-Ausscheidung nicht direct mit CO_2-Bildung

identificirt werden dürfe, und hat daran erinnert, dass die vermehrte CO_2-Ausscheidung im kalten Bade wahrscheinlich nur Folge einer vollkommeneren Ausathmung sei, und dass auch Berthelot erwiesen habe, die CO_2-Bildung sei nicht einmal ein ganz sicherer Massstab für die Wärmeproduction. — Werden Säuger in ein warmes Bad gebracht, welches ihre Körperwärme um 2—3° erhöht, so nimmt die CO^2-Ausscheidung und der O-Verbrauch in Folge einer Anregung des Stoffwechsels zu (Pflüger); auch steigt hierdurch die Harnstoffausscheidung bei Thieren (Naunyn) und bei Menschen (Schleich).

Bewegung. 3. Kälteeinwirkung auf die äussere Haut bewirkt theils unwillkürliche Muskelbewegungen (Kälteschaudern, Kältezittern), theils willkürliche: durch beide wird Wärme producirt.

Nahrungsaufnahme. 4. Der Wechsel der Wärme in der Umgebung hat Einfluss auf das Nahrungsbedürfniss: im Winter sowie in kalten Gegenden ist das Hungergefühl und das Bedürfniss nach den viel Verbrennungswärme liefernden Fetten gesteigert, im Sommer und in heissen Regionen herabgesetzt. So beherrscht die andauernde Mitteltemperatur der Umgebung den Umfang der Aufnahme der wärmeerzeugenden Spannkräfte der Nahrung. Auch fällt offenbar mit in's Gewicht, dass im Winter der Ozongehalt der Luft vermehrt ist, wodurch also die oxydirende Kraft der eingeathmeten Luft erhöht ist.

II. Regulatorische Vorrichtungen, welche die Wärmeausgabe beherrschen.

Die mittlere Wärmeabgabe von der Haut eines Menschen von 82 Kilo beträgt in 24 Stunden 2092—2592 Calorien (also 1,36—1,60 pro Minute).

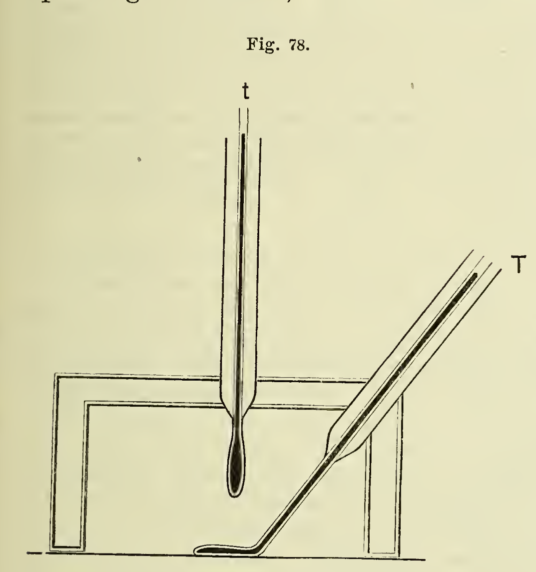
Hautgefässe. 1. Erhöhte Temperatur bedingt Erweiterung der Hautgefässe, die Haut röthet sich lebhaft, sie wird weich, saftreich (somit besser wärmeleitend) und gedunsen, die Epithelien werden durchfeuchtet und Schweiss tritt auf die Oberfläche hervor. So ist für gesteigerte Wärmeabfuhr gesorgt, zumal auch die Verdunstung des Schweisses Wärme entzieht.

(Dieselbe Wärmemenge, welche 1 Gramm Wasser von 100° C. in Dampf verwandeln kann, ist gleich derjenigen, welche 10 Gramm von 0° bis 58,2° erwärmt. Der secernirte Schweiss hat Körpertemperatur, wird er vollständig in Dampf verwandelt, so bedarf es zunächst noch der Wärme bis zum Siedepunkte, und sodann noch der Wärme, die ihn von diesem Punkte in Dampf verwandelt. Behufs genauerer Bestimmung bedürfte es der Kenntniss der Wärmecapacität und des Siedepunktes des Schweisses.)

Einwirkung der Kälte bedingt Verengerung der Hautgefässe; die Haut wird blass, weniger weich, saftarm und zusammengesunken, die Epithelien werden trocken und lassen keine Flüssigkeit zur Verdunstung hindurchtreten. So wird die Wärmeausgabe durch die Haut vermindert. Durch die Contraction der Muskeln der Haut und der Hautgefässe, durch Verdrängung von gut leitender Flüssigkeit und Blut aus der Haut und dem Unterhautzellgewebe ist die Wärmeabgabe von der Peripherie vermindert, die Wärmeleitung quer durch die Gewebe erschwert. — Die Abkühlung des

Körpers ist durch die sehr starke Beeinträchtigung des Hautblutlaufes etwa derart herabgesetzt, wie dies in einem Schlangenrohr-Kühlapparat der Fall ist, wenn man die Strömung durch dasselbe sehr stark vermindert (Winternitz). Erweitern sich hingegen die Hautgefässe, so erhöht sich die Temperatur der Oberfläche des Körpers, die Temperaturdifferenz zwischen ihr und dem umgebenden kühleren Medium ist vergrössert und so die Wärmeabgabe vermehrt. Tomsa hat gezeigt, dass anatomisch die Faserung der Haut so geordnet ist, dass jede Spannung der Fasern, welche die Hautmuskeln bewirken, eine Raumverminderung der Haut in ihrem Dickendurchmesser zur Folge hat, wodurch also hauptsächlich auf den leicht verdrängbaren Blutgehalt derselben eingewirkt wird.

Fig. 78.



Winternitz's Local-Luftcalorimeter.

Als ich mit Hauschild bei Hunden entweder nur die Arterien allein, oder zugleich die Arteriae und Venae axillares, crurales, die Carotiden und die Jugularvenen unterband, stieg die Körpertemperatur um mehrere Zehntel in kurzer Zeit.

Winternitz hat mit Hilfe eines kleinen leicht anwendbaren Luftcalorimeters Versuche angestellt über die Wärmemenge, welche die Haut (in einer Fläche von 15 □Cmtr.) an einen abgesperrten Luftraum von 50 Ccmtr. abgibt, wobei namentlich auf den Zustand der Gefässe geachtet wurde. — Das kleine Luftcalorimeter (ein Doppelkästchen von 15 □Cmtr. Basis, 50 Ccmtr. Inhalt, zwischen dessen Doppelwänden ein schlechter Wärmeleiter eingefügt ist) wird auf die zu untersuchende Hautfläche mit der bodenlosen (gegen Verdunstungseinflüsse nur von dünnstem Gummi überzogenen) Fläche dicht aufgesetzt. Ein der Haut aufliegendes Thermometer (T) misst die Temperatur dieser, ein anderes frei im Kästchen hängendes (t) die Temperatur der Binnenluft, welche natürlich um so höher sein muss, je mehr Wärme die Haut an die Luftmasse abgegeben hat.

Die Versuche am Menschen ergaben folgendes Resultat: Als durch Einwickelung des Schenkels durch elastische Binden und Druck auf die Cruralis die Schenkelhaut circulationslos gemacht war, wurden in 10 Minuten durch die Wadenhaut die 50 Ccmtr. Kastenluft um 4,4° C. erwärmt, während die normale Haut sie um 5,6° C. höher temperirte. Rechnet man die ganze Haut-

fläche des Körpers = 1,65 □Meter, so würde bei behinderter Circulation in der ganzen Haut in 10 Minuten (Luftcapacität = 0,237) 15,642 Calorien weniger an die Luft abgegeben. — Bei Erzeugung venöser Stauung bis zur Blaufärbung (durch Anlegung einer mässig straffen Binde wie zum Aderlass) waren die analogen Erwärmungszahlen für die verglichenen Hautstellen 5,7° und 7° C. (Die Haut selbst ist bei venöser Stauung um einige Grade niedriger temperirt) Wurden ferner durch mechanische oder chemische Reizmittel die Blutgefässe der Haut stark erweitert, so fand sich eine Erhöhung der Wärmeabgabe, welche schwanken konnte von wenigen Proc. bis zu 100%. — Die beobachtete Schwankung des Wärmeverlustes je nach der Füllung der Hautgefässe reicht aus, selbst die um das Dreifache gesteigerte Wärmeproduction zu compensiren.

Winternitz schliesst ferner, dass die nachweisbaren Schwankungen der Wärmeabgabe ausreichen, um die Temperatur-Constanz, soweit sie besteht, unter den gewöhnlichen Erwärmungs- und Abkühlungsbedingungen zu erklären; — ferner dass die Verminderung der Wärmeabgabe, also die Wärmeretention, selbst bei gleichbleibender Wärmeproduction ausreiche, die Wärmeverluste in kurzer Zeit wieder zu ersetzen; — dass eine Beschränkung des Wärmeverlustes allein in manchen Fällen eine fieberhafte Temperatursteigerung erklären könne; — dass die mögliche Steigerung des Wärmeverlustes (um mehr als 92%) die oft sehr rasche Entfieberung begreiflich mache. — Es unterliegt demnach keinem Zweifel, dass einer der wichtigsten Regulatoren der Wärmeabgabe in der Haut und ihren Gefässen belegen ist.

Herzthätigkeit.

2. Erhöhte Temperatur bewirkt erhöhten Herzschlag, — erniedrigte Temperatur vermindert die Zahl der Herzcontractionen. Durch die Herzthätigkeit wird das relativ wärmste Blut aus dem Körperinnern an die Oberfläche der Haut gepumpt, woselbst es leicht Wärme auf der grossen Fläche abgeben kann. Je öfter die gleiche Blutmenge die Haut durchströmt (man rechnet auf allemal 27 Herzschläge einen einmaligen Blutumlauf), um so mehr wird die abgegebene Wärmemenge betragen, und umgekehrt. Daher steht die Frequenz des Herzschlages im geraden Verhältnisse zur Schnelligkeit der Abkühlung (Walther). So sah man in excessiv heisser Luft (über 100° C.) den Puls bis über 160 in einer Minute steigen. — Dies gilt nicht allein für die Breite der normalen Verhältnisse, sondern auch für die pathologischen Wärmeschwankungen im Fieber. Liebermeister stellt folgende Zahlen der Pulsschläge den Temperaturnummern gegenüber:

Pulsschläge (in 1 Minute):	78,6 —	91,2 —	99,8 —	108,5 —	110 —	137,5.
Temperatur (in ° C.):	37° —	38° —	39° —	40° —	41° —	42°.

Wird der Herzschlag andauernd vermindert, so sollte man zunächst voraussetzen, dass eine Temperaturerhöhung einträte. Als ich mit Ammon gegen $1^1/_2$ Stunden durch Reizung des peripherischen Vagusendes bei Kaninchen den Herzschlag sehr verlangsamte, sank die Temperatur des Mastdarmes im Mittel von 39° auf 34,5° C. Die geschwächte Circulation vermindert auch die Umsetzung und Oxydation im Körper, ja diese muss sogar die Aufspeicherung der Wärme durch die verminderte Circulation somit übercompensiren.

Athmung.

3. Erhöhte Temperatur steigert die Zahl der Athemzüge. Unter gewöhnlichen Verhältnissen wird hier-

durch natürlich bewirkt, dass in einer Zeit eine viel grössere Luftmasse die Lungen passirt und in ihnen fast bis zur Körperwärme erwärmt wird. Ausserdem wird durch jeden Athemzug ein Quantum Wasser in der Exspirationsluft zur Verdunstung gebracht, wodurch Wärme gebunden wird. Sodann ist zu berücksichtigen, dass energische Athembewegungen den Kreislauf wesentlich unterstützen, so dass also die Respiration indirect im Sinne wie 2. wirkt. Andererseits könnte allerdings durch die vermehrte O-Aufnahme in den Körper die Verbrennung eine schnellere werden, wodurch also die vermehrte Athmung über das normale Mittel wärmeproducirend wirken müsste. Allein dieses Plus wird reichlich durch abkühlende Momente übercompensirt. Ja die forcirten Athembewegungen wirken selbst dann noch abkühlend, wenn bis auf 54° C. erwärmte und mit Wasserdämpfen gesättigte Luft eingeathmet wurde (Lombard).

Körperbedeckung.

4. Die Natur bekleidet im Winter viele Thiere mit Winterpelzen, im Sommer mit Sommerkleidern, um so die Wärmeabgabe durch die Haut in den verschieden warmen Umgebungen mehr constant zu machen. Viele in hoher Kälte der Luft und des Wassers lebende Geschöpfe sind durch mächtige Fettschichten gegen zu starke Wärmeabgabe geschützt. In ähnlicher Weise sorgt der Mensch für gleichmässigere Wärmeabgabe Seitens der Haut durch Winter- und Sommerkleider.

Körperhaltung.

Auch die Haltung des Körpers ist nicht ohne Einfluss: das Zusammenkauern, Anziehen von Kopf und Gliedmassen hält die Wärme zurück; Spreitzung der Extremitäten, Erigirung der Haare, Sträuben der Federn lassen mehr Wärme entweichen. Ich fand, dass mit gespreitzten Extremitäten in der Luft aufgespannte Kaninchen innerhalb 3 Stunden im Mittel ihre Mastdarmtemperatur von 39° C. auf 37° C. erniedrigen. — Aufenthalt in erwärmten oder abgekühlten Räumen, — Aufnahme heisser oder kalter Speisen und Getränke, — heisse oder kalte Bäder, — Aufenthalt in ruhiger oder stark bewegter Luft (Fächeln) sind Mittel, deren sich der Mensch nach Wahl zur Regulirung der Wärme bedient.

Ueber den Nerveneinfluss auf die Wärme wird beim Nervensystem gehandelt.

Die Kleider.

Das Kleid als Nahrungsäquivalent.

Es erübrigt hier der Wirkung der Kleider zu gedenken. Ein warmes Kleid ist ein Aequivalent der Nahrung, denn da das Kleid bestimmt ist, dem Körper die Wärme zu erhalten, die derselbe aus der Verbrennung der Nahrungsmittel erzeugt, so kann man sagen: der Körper hat durch die Nahrung directe Einnahmen, durch seine Kleidung schützt er sich vor unnöthigen Ausgaben. Dadurch leuchtet die Wichtigkeit für den Wärmehaushalt ein. Die Sommerkleider wiegen 3—4 Kilo, die Winterkleider 6—7 Kilo.

Für die Bedeutung der Kleider kommt in Betracht:

1. Ihr Leitungsvermögen. Diejenigen Stoffe, welche die schlechtesten Wärmeleiter sind, halten am wärmsten. Es folgen hier der Reihe nach von den schlechtesten zu den besten Leitern: Hasenfell, Dunen, Biberfell, rohe Seide, Tafet, Schafwolle, Baumwolle, Flachs, gedrehte Seide. — 2. Das Strahlungsvermögen: rauhe Stoffe strahlen leichter die Wärme aus, als die glatten. Dazu kommt das Ausstrahlungsvermögen für verschiedene Farben. — 3. Das Verhältniss zu den Sonnenstrahlen: dunkle Stoffe nehmen mehr Wärme von der Sonne auf, als helle. — 4. Von grosser Wichtigkeit ist es, in welchem Grade sie hygroskopisch sind, ob sie viel Feuchtigkeit von der Haut aufzunehmen vermögen und zugleich diese ganz allmählich durch Verdunstung abgeben, oder umgekehrt. Gleiches Gewicht Wolle nimmt doppelt soviel Wasser auf als Leinen, dabei verdunstet letzteres dasselbe viel schneller. Wolle auf der Haut bewirkt daher weniger leicht Nässe und Kälte durch schnelle Verdunstung (verhütet also leichter Erkältungen). — 5. Der Grad der Durchdringlichkeit für Luft (Lüftung) ist für die Kleider gleichfalls von Belang, steht jedoch nicht im Verhältniss zur Wärmeleitung. So erhöht Firnissen der Stoffe die Wärmeleitung, vernichtet jedoch die Lüftung. Es folgen der Reihe nach Flanell, Bukskin, Leinen, Seide, Leder, Wachstuch von den am besten durchdringlichen zu den weniger permeablen.

216. Wärmebilanz.

Gleichgewicht zwischen Production und Abgabe.

Da die Temperatur des Körpers innerhalb enger Grenzen sich zu erhalten vermag, so müssen offenbar die Wärmeeinnahmen mit den Wärmeabgaben im Gleichgewichte stehen, d. h. es müssen genau so viele Spannkräfte innerhalb einer gewissen Zeit in Wärme umgesetzt werden, als Wärme von dem Körper abgegeben wird. Von verschiedenen Gesichtspunkten ausgehend hat man versucht Wärmebilanzen aufzustellen, welche jedoch theilweise wenigstens einer zuverlässigen Grundlage entbehren, immerhin aber zur Beleuchtung der Wärmeökonomie des thierischen Körperhaushaltes von grossem Interesse sind.

Der Erwachsene producirt durchschnittlich so viel Wärme, um in 1/2 Stunde seinen Körper um fast 1° C. zu erwärmen. Würde nun gar keine Wärme abgegeben, so würde der Körper in kurzer Zeit enorm erhitzt werden (in 36 Stunden bis zur Siedhitze), vorausgesetzt, das die Wärmeproduction unausgesetzt fortdauerte.

Wir wollen im Folgenden die wichtigeren Berechnungen einander gegenüberstellen.

A. Wärmebilanz nach Helmholtz.

Berechnung der Wärme-Bilanz nach Helmholtz.

Helmholtz hat zuerst die vom Menschen producirten Wärmemengen numerisch festgestellt.

1. Wärmeeinnahme. a) Ein gesunder Erwachsener, 82 Kilo wiegend, athmet in 24 Stunden 878,4 Gr. CO_2 aus (Scharling). Die Verbrennung des C hierin zu CO_2 erzeugt	1,730.760 Cal.
b) Nun nimmt aber der Mensch mehr O auf, als in der abgegebenen CO_2 vorkommt; dieser Ueberschuss wird zu Oxydationszwecken verwendet, namentlich zur Bildung von H_2O durch Verbrennung von H. Es können nämlich durch den mehr aufgenommenen O noch 13,615 Gr. H verbrannt werden, das macht	318.600 „
	2,049.360 Cal.

c) Ungefähr 25% Wärme müssen aus anderen Quellen ausser der Verbrennung hergeleitet werden (Dulong). Dann erhält man abgerundet insgesammt . . . . 2,732.000 Cal.

2,732.000 Cal. würden in der That hinreichen, um einen 80—90 Kilo schweren menschlichen Körper (von einer mittleren Temperatur von 10° an) um 28—29° C. zu erhöhen, also bis 38—39° C. (der normalen Temperatur).

2. Wärmeausgabe. Nach Helmholtz stellen sich der Wärmeeinnahme folgende Abgabeposten gegenüber:

a) Zur Erwärmung der Speisen und Getränke, die im Mittel 12° C warm sind	70157	Cal.	=	2,6%
b) Zur Erwärmung der Athemluft = 16400 Gr., eine Lufttemperatur von 20° C. angenommen	70032	„	=	2,6%
[bei einer Lufttemperatur von 0°	140064	„	=	5,2%]
c) 656 Gr. Wasserverdunstung durch die Lungen .	397536	„	=	14,7%
d) Der Rest durch Strahlung und Wasserverdunstung durch die äussere Haut			80,1%	77,5%

B. Wärmebilanz nach Dulong.

nach Dulong,

1. Wärmeeinnahme: Dulong, sowie nach ihm Boussingault, Liebig, Dumas suchten die Menge der Wärmeznfuhr zu ermitteln aus dem C- und H-Gehalt der Nahrungsmittel. Da bekanntlich die Verbrennung von 1 Gr. C = 8040 Wärmeeinheiten liefert und von 1 Gr. H = 34460 Wärmeeinheiten, so würde, wenn in der That in den Nahrungsmitteln einfach C zu CO_2 und H zu H_2O verbrannt würde, allerdings die Berechnung der entstehenden Wärmeeinheiten sehr einfach sein Allein die Sache hat doch ihre grossen Bedenken. Zunächst hatte schon Dulong selbst bei den Kohlehydraten, welche ihren H - Gehalt bekanntlich alle in dem Verhältnisse wie H_2O enthalten (z. B. Traubenzucker = $C_6 H_{12} O_6$), den H-Gehalt nicht mit zur Wärmeerzeugung herangezogen, weil er in den Kohlehydraten schon zu Wasser verbrannt (d. h. in dem Verhältnisse wie im Wasser [H_2O] mit O verbunden) vorkomme.

Allein diese Annahme ist durchaus hypothetisch, denn wenn auch in diesen Körpern stets auf H_2 ein O kommt, so beweist das noch keineswegs, dass sie sich schon wirklich zu H_2O verbunden haben, oder ob die Atome nicht einfach ohne chemische Verbindung neben einander lagern. Sodann ist zu berücksichtigen, dass der C in der Verbindung der Kohlehydrate wohl eine so feste Lagerung neben den übrigen Atomen einnimmt, dass zu seiner Lockerung, welche der Oxydation voraufgehen mag, erst lebendige Kräfte verbraucht werden, d. h. Wärme latent werden muss. Derartige Erwägungen müssen allerdings die nachfolgende Berechnung sehr problematisch erscheinen lassen. Es folgt nach dem Dulong'schen Principe ein Beispiel, welches auch von Vierordt als Beleg angeführt ist.

nach Vierordt,

Der Erwachsene geniesst in 24 Stunden 120 Gr. Albuminate, 90 Gr. Fette und 340 Gr. Amylum (Kohlehydrat). Diese enthalten:

	Gr.		C		H
Eiweisskörper	120	enthalten	64,18	und	8,60
Fett	90	„	70,20	„	10,26
Amylum	330	„	146,82	„	—
			281,20	und	18,86
Der entleerte Harn und Koth enthalten noch unverbrannt			29,8	„	6,3
Bleibt Rest zur Verbrennung . . .			251,4	und	12,56

(Im Amylum ist der H-Gehalt aus den oben entwickelten Gründen nicht als Brennmaterial mitgerechnet.)

Da nun 1 Gr. C 8040 Wärmeeinheiten erzeugt: und 1 Gr. H 34460 Wärmeeinheiten bildet, so ergibt sich folgende Ausrechnung:

$$251{,}4 \times 8040 = 2{,}031.312 \text{ (aus C-Verbrennung)}$$
$$12{,}56 \times 34460 = 432.818 \text{ (aus H-Verbrennung)}$$
$$2{,}464.130 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

2. Wärmeausgabe: Der vorstehenden Wärmeeinnahme kann man die nachfolgende Wärmeabgabe gegenüberstellen.

	Wärme-einheiten	Procent der Ausgabe
1. Durch Harn und Koth verlassen 1900 Gr. den Körper im Mittel um 25° wärmer, als sie in der Nahrung aufgenommen waren	47.500	1,8
2. Durch die Respiration werden 13000 Gr. Luft (von 12° auf 37° C.) im Mittel um 25° C. erwärmt (Wärmecapacität der Luft = 0,26) . .	84.500	3,5
3. Durch die Athmung werden 330 Gr. Wasser verdunstet (1 Gr. = 582 Wärmeeinheiten) . .	192.060	7,2
4. Durch die Haut werden 660 Gr. Wasser verdunstet	384.120	14,5
Summa . . .	708.180	
5. Der Rest wird durch die Haut ausgestrahlt und fortgeleitet	1,791.810	72
Gesammtmenge aller ausgegebenen Wärmeeinheiten	2,500.000	100

C. Berechnung der Wärmeeinnahme nach Frankland.

nach Frankland,

Anstatt sich auf den hypothetischen Boden der Wärmeberechnung aus den Atomgewichten von C und H in der Nahrung zu begeben, verbrannte Frankland die Nahrungsmittel direct im Calorimeter. Er fand, dass 1 Gr. der folgenden Nahrungsmittel liefert:

Eiweiss, 1 Gr. liefert . . . . . . 4998 Wärmeeinheiten
Traubenzucker, 1 Gr. liefert . . 3277 „
Rindsfett, 1 Gr. liefert . . . . . 9069 „
(Andere Nährstoffe siehe oben „Quellen der Wärme", pg. 378.)

Das Eiweiss wird aber nur bis Harnstoff verbrannt, daher ist von 4998 die Verbrennungswärme des letzteren abzuziehen, dann bleiben für Eiweiss 1 Gr. 4263 Wärmeeinheiten. Ist es nun durch die Wägung bestimmt, wieviele Gramme der einzelnen Nahrungsstoffe der Mensch geniesst, so ergibt sich einfach die Zahl der aufgenommenen Wärmeeinheiten. (Vgl. pg. 378.)

Nach der Art der Nahrung ist daher selbstverständlich das Mass der Wärmebildung verschieden. So erzeugte J. Ranke:

bei Fleischkost . . . . . 2,779.524 Wärmeeinheiten
„ N-loser Kost . . . . . 2,059.506 „
„ gemischter Kost . . . 2,200.000 „
im Hungerzustande . . . 2,012.816 „
(durch Verbrennung eigener Körperbestandtheile).

D. Berechnung der Wärmebilanz nach Barral.

nach Barral.

Barral hat für den ruhenden Erwachsenen folgende Wärmebilanz aufgestellt:

Wärme-Einnahme	Ausgabe durch				
	Verdunstung	Erwärmung der Athmungsluft	Erwärmung der Nahrung	Wärmeabfuhr durch Excremente	Strahlung und Leitung von der Haut
2,706.076	699.801 25,85 %	100.811 3,72 %	52.492 1,94 %	33.020 1,22 %	1,819.952 67,22 %

217. Schwankungen der Wärmeproduction.

Einflüsse auf die Wärmeproduction.

Nach Helmholtz beträgt im Mittel die Wärmeproduction eines gesunden 82 Kilo schweren Erwachsenen in 24 Stunden 2,732.000 Cal.

Gewicht.

1. Einfluss des Körpergewichtes. Mit Zugrundelegung des obigen Helmholtz'schen Werthes hat Immermann folgende allgemeine Formel für die Wärmeproduction des lebenden Gewichtes aufgestellt:

$$w : W = \sqrt[3]{p^2} : \sqrt[3]{P^2}$$

(worin W = 2,732.000; P = 82 Kilo nach Helmholtz [also $W : \sqrt[3]{P^2} = 144{,}75$]; — p = Körpergewicht des zu Untersuchenden, und w, als zu berechnende Unbekannte, = Wärmeproduction desselben).

Es wäre im höchsten Masse wünschenswerth, dass ausser nach der Helmholtz'schen Angabe das Verhältniss $W : \sqrt[3]{P^2}$ (etwa = m) aus einer grossen Reihe von Beobachtungen als Mittel festgestellt wäre, dann liese sich für jedes Körpergewicht p die Wärmeproduction berechnen

$$w = m \,.\, \sqrt[3]{p^2}.$$

Alter und Geschlecht.

2. Alter und Geschlecht. In der ersten Lebenszeit sowie im Greisenalter ist die Wärmeproduction geringer, als im gereiften Alter; ebenso beim weiblichen Geschlechte im Verhältnisse zu dem männlichen.

Tages-Periode.

3. Tägliche Schwankung. Die Wärmeproduction zeigt in der 24stündigen Periode einen ähnlichen Gang wie die Körpertemperatur.

Functionen.

4. Während des Wachens, körperlicher und geistiger Anstrengung ist die Wärmeproduction grösser als in den entgegengesetzten Zuständen.

218. Verhältniss der Wärmeproduction
zur Arbeitsleistung im Körper.

Die dem Körper zugeführten Spannkräfte können von demselben umgesetzt werden in Wärme und in lebendige Arbeit (vgl. 5). In dem ruhenden Leibe wird fast das ganze Mass der Spannkräfte allein in Wärme umgesetzt; der Arbeiter hingegen setzt neben Wärmebildung die Spannkräfte auch in Arbeit um. Zur Vergleichung beider Leistungen dient ein äquivalentes Mass: 1 Wärmeeinheit (Kraft, welche 1 Gr. Wasser um 1° C. erhöht) = 425,5 Gr. Meter.

Zur Veranschaulichung des Verhältnisses der Wärmeproduction zur Arbeitsleistung mag zuvörderst das folgende Beispiel dienen: Setze ich in den Binnenkasten eines geräumigen Calorimeters eine kleine Dampfmaschine, in welcher ich ein bestimmtes Gewicht Kohlen verheize, so wird, so lange die Maschine nicht zur arbeitsleistenden Bewegung gebracht wird, von den Kohlen nur Wärme umgesetzt. Das Wasser des Calorimeters wird durch die Erhöhung der Temperatur genau anzeigen, wie viele Wärmeeinheiten die verheizten Kohlen geliefert haben. Ist dies constatirt, so wird in einem

zweiten Versuche in der Maschine dasselbe Quantum Kohlen verheizt, zugleich aber wird durch eine passende Uebertragungsvorrichtung ausserhalb des Calorimeters eine Arbeit verrichtet: etwa ein Gewicht wird emporgewunden durch die Maschine. Diese Arbeit muss natürlich aus den Spannkräften des Heizmateriales geliefert, d. h. umgesetzt werden. Wird nun wiederum am Ende des Versuches die Temperaturerhöhung des Wassers im Calorimeterkasten bestimmt, so zeigt sich in diesem zweiten Versuche, dass dem Wasser weniger Wärmeeinheiten mitgetheilt sind, als im ersten Versuche, in welchem die Maschine zwar angeheizt war, aber nicht arbeitete.

Vergleichende Versuche dieser Art haben nun zweifellos dargethan, dass im zweiten Versuche der Arbeitsnutzeffect sehr nahe proportional ist dem beobachteten Wärme-Minus (Hirn).

In guten Dampfmaschinen kann aus den verheizten Spannkräften nur $^1/_{20}$, in den allerbesten nur $^1/_8$ in lebendige Arbeit umgesetzt werden, $^{19}/_{20}$—$^7/_8$ gehen in Wärme über.

Wärmebildung des Ruhenden.

Setzen wir mit diesem Beispiele die Vorgänge im Organismus in Vergleich: Der ruhende Mensch bildet aus den in der Nahrung aufgenommenen Spannkräften gegen $2^1/_2$—$2^3/_4$ Millionen Calorien. Die Arbeitsleistung eines Arbeiters wird gegen 200.000 Kilogramm-Meter veranschlagt.

Es müsste also, falls der Organismus genau der Maschine vergleichbar wäre, ein der besagten Arbeit entsprechendes Wärmequantum im Körper weniger gebildet werden. Und in der That: aus demselben Quantum von Spannkräften kann der Organismus bei geleisteter Arbeit natürlich nur weniger Wärme umsetzen. Allein es kommt nun ein Moment in Betracht, wodurch sich der Arbeiter von der arbeitenden Maschine unterscheidet. Der Arbeiter consumirt in derselben Zeit viel mehr Spannkräfte als der Ruhende; es wird in seinem Körper viel mehr verheizt, und so kommt es, dass der Ausfall durch die Mehrverbrennung nicht allein gedeckt, sondern sogar übercompensirt wird. Der Arbeiter ist auch vermöge seiner lebhafteren Muskelthätigkeit (pg. 387 b.) wärmer, als der Ruhende. Als Beispiel für das vorgetragene Verhältniss diene Folgendes: Hirn (1858) nahm in der Ruhe im Calorimeterkasten in einer Stunde 30 Gr. O auf und producirte 155 Calorien. Als er darauf im Kasten nach aussen übertragene Arbeit leistete, nämlich 27.450 Kilogramm-Meter, verzehrte er 132 Gr. O und lieferte nur: 251 Calorien.

Wärmebildung des Arbeitenden.

Bei Veranschlagung geleisteter Arbeit ist nur die nach aussen übertragene Arbeit als Wärmeäquivalent zu verrechnen: Heben von Lasten, Emporschleudern von Gewichtstücken, Fortschieben von Massen; auch das Emporsteigen des Körpers gehört hierher. Beim gewöhnlichen Gehen ist jedoch (abgesehen von Ueberwindung des Luftwiderstandes) kein Wärmeverlust; beim Niedersteigen von der Höhe ist sogar Wärmezunahme für den Körper zu veranschlagen.

Der Organismus ist darin der Maschine überlegen, dass derselbe aus demselben Masse von Spannkräften mehr Arbeit im Verhältniss zur Wärme umsetzen kann. Während die beste Dampfmaschine aus den Spannkräften nur $^1/_8$ Arbeit und $^7/_8$ Wärme umsetzt, vermag der Körper $^1/_5$ Arbeit und $^4/_5$ Wärme zu liefern. Niemals kann aus chemischen Spannkräften in einem unbelebten oder belebten Motor allein nur Arbeit ohne gleichzeitige Wärmebildung umgesetzt werden.

219. Accommodation für verschiedene Temperaturgrade.

Gute und schlechte Wärmeleiter.

Alle Körper, welchen ein grosses Wärmeleitungsvermögen zukommt, erscheinen uns, wenn sie mit der Haut in Berührung gebracht werden, ungleich kälter, beziehungsweise wärmer, als die schlechten Wärmeleiter. Der Grund liegt eben darin, dass dieselben dem Leibe viel mehr Wärme entziehen, beziehungsweise zuführen, als jene. So wird auch das Wasser kühler Bäder, als besserer Wärmeleiter bei gleichem Grade der Temperatur stets für kälter gehalten, als die Luft. In unseren Breiten erscheint uns:

Die Luft:	Das Wasser:
von 18° C. mässig warm,	bis zu 18° C. kalt,
„ 25—28° C. heiss,	von 18—29° C. frisch,
über 28° C. sehr heiss.	„ 29—35,5° C. warm,
	„ 37,5 und darüber, heiss.

Aufenthalt in heisser Umgebung.

So lange die Temperatur des Körpers höher ist, als die des umgebenden Mediums, gibt derselbe Wärme ab und zwar um so reichlicher und schneller, je besser die Umgebung Wärme leitet. Sobald jedoch die Temperatur der Umgebung höher steigt, als die des Körpers, nimmt letzterer Wärme auf und zwar um so mehr und schneller, als das Medium besser leitet. Daher erscheint uns heisses Wasser von höherer Temperatur zu sein, als gleich hoch temperirte heisse Luft.

In einem Bade von 45,5° C. vermag ein Mensch noch 8 Minuten auszuhalten (lebensgefährlich!); die Hände ertragen noch ein Untertauchen in 50,5° C. heisses Wasser, nicht mehr bei 51,65° C. Bei 60° C. entsteht der heftigste Schmerz in den Bedeckungen.

Dahingegen konnte ein Mensch in heisser Luft bei 92,20 — 99,95 — 127° C. noch bis zu 8 Minuten aushalten; ja Mädchen verweilten sogar bei 132° C. 10 Minuten lang in derselben (Tillet 1763). Hierbei steigt die Körpertemperatur nur wenig, nämlich nur bis 38,6—38,9° C. (Fordyce, Blagden 1774). Dies rührt einmal daher, weil die Luft als schlechterer Wärmeleiter dem Körper nicht so viel Wärme zuführt, als das Wasser. Dann aber, und das ist das Wesentlichste, vermag der Körper in heisser Luft an seiner Oberfläche durch reichliche Schweissverdunstung Kälte zu erzeugen, wozu die gesteigerte Wasserverdunstung durch die vermehrte Thätigkeit der Lungen beiträgt. Die enorme Vermehrung des Herzschlages bis über 160 führt der mit stark erweiterten Gefässen versehenen Haut stets neue Blutmassen zur Schweissabsonderung und Verdunstung zu. — In dem Masse als die Schweissverdunstung abnimmt, vermag der Körper die heisse Umgebung nicht mehr zu ertragen, und so erklärt es sich leicht, dass in Luft, die reich an Wasserdämpfen ist, der Mensch bei weitem nicht bei gleich hoher Temperatur aushalten kann, als in trockener; die Wärme muss sich im Körper anhäufen. So steigt im russischen Dampfbade von 53 bis 60° C. die normale Mastdarmtemperatur bis 40,7—41,6° C. (Barthels, Jürgensen).

Im Wasser von der Temperatur des Körpers steigt die normale Körpertemperatur in 1 Stunde um 1° C., in $1^1/_2$ Stunden bis gegen 2° C. (Liebermeister). Allmähliche Erhöhung der Wassertemperatur von 38,6 auf 40,2° C. bewirkte schon in 15 Minuten Temperaturzunahme der Achselhöhle bis 39,0° C.

220. Aufspeicherung der Wärme im Körper.

Wärmeaufspeicherung durch verminderte Wärmeabgabe.

Da unter normalen Verhältnissen die Constanz der Körpertemperatur die Folge ist der unter einander stets gleichbleibenden Wärmeproduction und Wärmeabgabe, so ist es einleuchtend, dass Wärme innerhalb des Körpers aufgespeichert werden muss, wenn die Wärmeabgabe vermindert wird. Das vornehmste, die Wärmeabgabe regulirende Organ ist die äussere Haut: Contraction derselben und ihrer Gefässe vermindert dieselbe, Relaxation derselben mit Erweiterung der Gefässe vermehrt dieselbe. Wärmeaufspeicherung lässt sich somit hervorrufen:

a) Durch intensive und ausgedehnte Hautreize, durch welche auf Haut und die Hautgefässe vorübergehend erregend eingewirkt wird (Röhrig). — b) Auch durch anderweitige Beschränkungen des Wärmeverlustes durch die Haut (Winternitz). — c) Durch eine lebhaftere Thätigkeit des vasomotorischen Centrums, wodurch eine Contraction aller Gefässe, natürlich also auch der der äusseren Haut bedingt wird. So erkläre ich nämlich die Temperatursteigerung nach Transfusion gleichartigen Blutes (es genügt allein schon die directe Ueberleitung des Arterienblutes (cruralis) in die nebenliegende Vene bei demselben Thiere (Albert und Stricker), was ich auch durch Versuche an der Carotis und Vena jugularis externa bestätigen kann), — sowie in Folge des Aderlasses (nach vorhergegangenem Temperaturabfall). In beiden Fällen entsteht eine abnorme Blutvertheilung: in dem einen Falle wird das Venensystem abnorm überfüllt, im zweiten abnorm geleert. Zur Wiederherstellung der normalen Vertheilung bedarf es einer energischen Thätigkeit der Gefässmusculatur, angeregt durch das Centrum der Vasomotoren. Die hierdurch mitbedingte starke Zusammenziehung der Hautgefässe wirkt verhindernd auf die Wärmeabgabe und so entsteht Wärmeaufspeicherung. Aehnlich scheint mir auch die Temperatursteigerung des Körpers erklärt werden zu müssen, welche man nach plötzlicher Wasserentziehung des Körpers beobachtet. Das eingedicktere Blut beansprucht einen geringen Gefässraum, die verengten Gefässe lassen aber an der Haut weniger Wärme abtreten. — d) Wird in den Hautgefässen auf grösseren Gebieten die Circulation durch mechanische Ursachen verlangsamt (etwa durch Verstopfung kleinster Gefässe durch die klebrigen Stromamassen oder Gerinnungen, die sich nach Transfusion fremdartigen Thierblutes bilden) so kommt es gleichfalls wegen verminderter Abgabe zur Wärmeaufspeicherung (pg. 202). Vielleicht wirken in ähnlicher Weise manche andere fiebererzeugende Agentien. Bei Hunden, denen ich in einer Sitzung beide Carotiden, die Aa. axillares und crurales unterband, mit oder ohne die zugehörigen Venen, sah ich innerhalb zwei Stunden Temperatursteigerung bis fast um 1° C.

Wärmeaufspeicherung durch vermehrte Wärmeproduction.

Es ist einleuchtend, dass bei normaler Wärmeabgabe eine gesteigerte Wärmeproduction eine Aufspeicherung der Wärme nach sich ziehen muss. Hierher gehört die Temperatursteigerung nach Muskelthätigkeit, geistiger Thätigkeit, bei der Verdauung. Endlich gehört hierher wahrscheinlich die nach Einwirkung kalter Bäder nach

mehreren Stunden sich einstellende Temperaturerhöhung, hervorgerufen durch reflectorisch von der erkälteten Haut angeregte grössere Wärmeproduction (Jürgensen).

Folgen der Ueberhitzung. Wird die Körpertemperatur durch und durch um etwa 6° C. erhöht, so tritt der Tod ein, wie beim Hitzschlag oder dem Sonnenstich. Es scheint bei diesem Wärmegrade eine moleculare Decomposition der Gewebe vor sich zu gehen; bei anhaltenden weniger hohen Steigerungen tritt eine deutliche fettige Entartung vieler Gewebe in die Erscheinung (Litten). — Gelangen künstlich auf 42—44° C. überwärmte Thiere später in kühle Umgebung, so wird zunächst ihre Temperatur subnormal (36° C.) und kann Tage lang so anhalten.

221. Das Fieber.

Wesen. Vielfach anknüpfend an die grösstentheils noch innerhalb der Breite physiologischer Erscheinungen liegende Aufspeicherung der Wärme treffen wir als die verbreitetste pathologische Störung im Körperhaushalte das Fieber, auf welches einige Hinweise gestattet seien.

Das Fieber besteht in seinem Wesen in einem stärkeren Stoffumsatz unter gleichzeitiger Temperatursteigerung. Hierbei muss natürlich eine Störung der Regulirung der Wärmebilanz stattfinden; denn wenn nur dafür gesorgt würde, dass bei der gesteigerten Wärmeproduction auch eine gesteigerte Wärmeabfuhr vorhanden wäre, dann könnte es nicht zur Temperatursteigerung (Wärmeanhäufung) kommen.

Da im Zustande des Fiebers der Körper zu mechanischer Arbeitsleistung in hohem Grade unbefähigt erscheint, so muss die Umsetzung dieser grösseren Masse der zerfallenden Spannkräfte im Körper fast völlig in Wärme und die Nichtverwerthung derselben zur lebendigen Arbeitsleistung als charakteristisch weiterhin ganz besonders betont werden.

Als Prototyp des Fiebers mag das Wechselfieber (oder kalte Fieber) gelten, bei welchem heftige mehrstündige Fieberanfälle mit völlig fieberlosen Zeiten abwechseln. Dieses gestattet am besten die Zergliederung seiner Symptome.

Unter den einzelnen Erscheinungen des Fiebers treffen wir zunächst:

Erhöhte Temperatur. 1. Die erhöhte Körpertemperatur: (von 38—39° C. als leichtes, — von 39—41° C. und darüber als schweres Fieber). Nicht allein die brennend rothe Haut (Calor mordax) des Fiebernden, sondern auch die scheinbar kalte des im Fieberfroste Erzitternden zeigt diese erhöhte Temperatur (Ant. de Haen 1758). Die geröthete Haut ist jedoch ein guter, die blasse Haut ein viel schlechterer Wärmeleiter, daher erscheint erstere unserem Gefühle wärmer (v. Bärensprung). (Vgl. 213, pg. 392.)

Erhöhte Wärmeproduction. 2. Die Erhöhung der Wärmeproduction (schon von Lavoisier und Crawford angenommen) gibt sich unzweifelhaft durch calorimetrische Messungen zu erkennen. Theilweise nur kann diese aus dem Umsatz der gesteigerten Circulationsthätigkeit in Wärme hergeleitet werden (pg. 380 a.), grösstentheils handelt es sich vielmehr um gesteigerte Verbrennungswärme.

Vermehrter Stoffumsatz. 3. Diese Vermehrung des Stoffumsatzes, wodurch der consumirende Charakter des Fiebers sich herleitet, der schon dem Hippokrates und Galenus bekannt war, wurde durch v. Bärensprung (1852) also bestimmt: „alle sogenannten Fiebersymptome deuten darauf hin, dass beim Fieber der Stoffverbrauch regelwidrig gesteigert ist." Die Vermehrung des Stoffumsatzes zeigt sich durch die um nahe gegen 50% gesteigerte CO^2- (Leyden) und die um $^1/_3$—$^2/_3$ gesteigerte Harnstoff-Ausscheidung. [Mitunter wird letzterer während des Fiebers theilweise zurückgehalten und erscheint erst in enormer Ausscheidung nach vollendetem Fieberanfall (Naunyn).] Auch die Harnsäure ist vermehrt; daneben kann der Harnfarbstoff um das 20fache, die Kaliausscheidung um das 7fache gesteigert sein.

Verminderte Wärmeabgabe.

4. Verminderte Wärmeabgabe (die schon H. Nasse betonte, — auf welche Traube irrthümlich das Fieber einzig und allein zurückführen wollte) ist in verschiedenen Stadien des Fiebers verschieden.

Zur genaueren Analyse unterscheiden wir im Fieber hierfür die folgenden Stadien: a) Das Froststadium: hier ist der Wärmeverlust durch die blasse blutlose Haut entschieden am meisten vermindert, aber es ist auch die Wärmeproduction um's $1^1/_2$—$2^1/_2$fache vermehrt. Das oft sehr schnelle und hohe Steigen der Temperatur im Froststadium lässt allein schon sicherstellen, dass die verminderte Wärmeabgabe nicht allein die Ursache der Temperatursteigerung ist. — b) Im Hitzestadium ist von der gerötheten blutreichen Haut die Wärmeabgabe entschieden erhöht, aber es wirkt zugleich noch die gesteigerte Wärmeproduction. Liebermeister nimmt für eine Temperatursteigerung von 1, 2, 3, 4° C. eine entsprechend erhöhte Wärmeproduction an von 6, 12, 18, 24%. — c) Im Schweissstadium ist die Wärmeabgabe durch die geröthete nasse Haut und die Verdunstung am stärksten, sie übertrifft die normale Abgabe um das 2—3fache (Leyden). Die Wärmeproduction ist hier entweder noch gesteigert, oder normal, oder subnormal, so dass unter diesen Verhältnissen sogar die Körpertemperatur ebenfalls subnormal (bis gegen 36° C.) werden kann.

[Künstliche Erwärmung des Körpers steigert die Harnstoffproduction. Vielleicht erklärt sich der Fieberverlauf in folgender Entwickelung: Verminderte Wärmeabgabe (Froststadium) steigert die Körpertemperatur, diese bedingt stärkeren Stoffumsatz (Verbrennung), aus dem nun wiederum in zweiter Linie neue Wärme erzeugt wird.]

Als Nebenerscheinungen des Fiebers sind besonders beachtenswerth: Vermehrung der Intensität und Zahl der Herzschläge und Athemzüge [beides Compensationserscheinungen der erhöhten Temperatur (pg. 400)]; ferner verminderte Verdauungsthätigkeit und Darmbewegung, Störungen der Gehirnthätigkeit, der Absonderungen, der Muskelthätigkeit. In schweren Fiebern hat man vielfach moleculare Entartung der Gewebe vorgefunden.

222. Künstliche Erhöhung der Körperwärme.

Erscheinungen bei künstlicher Erhöhung der Körperwärme.

Werden Säugethiere dauernd in Luft von 40° C. gebracht, so hört die Wärmeabfuhr aus dem Körper auf, es muss daher zu einer Aufspeicherung der producirten Wärme kommen. Im Anfange sinkt sehr kurze Zeit die Körpertemperatur etwas (Obernier), dann aber beginnt eine deutliche Steigerung derselben. Athmung und Pulsschlag vermehren sich, letzterer wird dann schwächer und unregelmässig. O-Aufnahme und CO_2-Abgabe vermindern sich etwa nach 6—8 Stunden (Litten), und unter grosser Mattigkeit, Krämpfen, Speichelfluss und Bewusstlosigkeit erfolgt der Tod dann, wenn der Körper noch nicht mehr als 4°, höchstens 6° C. höher temperirt ist. Der Tod beruht nicht auf Starrwerden der Muskeln (da die Myosingerinnung derselben bei Säugern erst bei 49—50° C., — bei Vögeln bei 53° C., — [bei Fröschen bei 40° C.] eintritt). — Bringt man Säuger sofort in sehr hohe Lufttemperatur bei 100° C., so erfolgt unter ähnlichen Erscheinungen, nur noch schneller (in 15—20 Minuten) der Tod; die Eigenwärme des Körpers nimmt auch jetzt nur gegen 4—5° C. zu. Dabei sieht man bei Kaninchen Verlust des Körpergewichtes von 1 Gr. innerhalb einer Minute. (Vögel ertragen die hohe Wärme etwas länger; sie sterben erst, nachdem ihr Blut 48—50° C. misst.)

Auch der Mensch vermag sich zwar bei 100 — 110 — 132° C. in der Luft einige Zeit aufzuhalten, doch tritt schon nach 10 bis

15 Minuten die grösste Lebensgefahr ein. Dabei wird die Haut brennend, roth, reicher Schweiss perlt hervor, die Hautvenen sind prall gefüllt und mehr hellroth (Crawford), Puls und Athemholen ist sehr beschleunigt. Starker Kopfschmerz, Schwindel, Mattigkeit, Versagen der Sinnesthätigkeit deuten grosse Gefahr an. Dabei ist die Körpertemperatur (im After) nur um 1—2° C. gestiegen. — Beim Menschen wirkt auch das Fieber durch die gesteigerte Körpertemperatur das Leben bedrohend. Hält sich in ihm die Temperatur irgend wie länger auf 42,5° C., so ist der Tod fast unausbleiblich. Bei 42,6 soll Gerinnung des Blutes in den Adern erfolgen (Weikart).

Wird die künstliche Erhitzung nicht bis zum Tode gesteigert, so zeigt sich nach 36—48 Stunden beginnend fettige Infiltration und Degeneration der Leber, des Herzens, der Nieren und der Muskeln (Litten).

Kaltblüter. Kaltblüter lassen sich in kurzer Zeit um 6—10° C. höher temperiren, sowohl durch Aufenthalt in warmem Wasser, als auch in warmer Luft. Da das Herz des Frosches schon bei 40° stillsteht, und bei derselben Temperatur im Innern des Körpers die Muskeln starr zu werden beginnen, so liegt hier die höchste Temperaturgrenze für das Bestehen des Lebens entschieden tiefer. Dem eigentlichen Tode geht ein scheintodähnlicher Zustand vorher, aus welchem noch die Wiederbelebung möglich ist.

Pflanzen. Die meisten safthaltigen Pflanzen sterben in $^1/_2$ Stunde beim Aufenthalt in Luft von 52° C. oder in Wasser von 46° C. (Sachs). Ausgetrocknete Samen (Hafer) vermögen sich jedoch sogar nach längerem Verweilen in Luft von 120° C. keimfähig zu erhalten. — Niedrig organisirte Pflanzen, wie die Algen, vermögen in warmen Quellen bis zu 60° C. zu leben (Hoppe-Seyler).

223. Anwendung der Wärme.

Wirkung der Wärmezufuhr. Kurze nicht intensive Wärmeeinwirkung auf die Körperoberfläche bewirkt zuerst eine vorübergehende geringe Herabsetzung der Körpertemperatur, theils weil hierdurch reflectorisch die Wärmeproduction retardirt (Kernig), theils weil durch Erweiterung der Hautgefässe und Dehnung der Haut mehr Wärme abgegeben wird (Senator). Bäder über Blutwärme steigern sofort die Körpertemperatur. Nach dem Bade zeigt sich im weiteren Verlaufe eine geringe Temperaturerniedrigung. — Oppenheimer berechnet (abgesehen von den Aenderungen der Körperwärme, hervorgerufen durch Veränderung des Kreislaufes und der Athmung) die Temperaturerhöhung t, welche ein 40° C. warmes Bad von 400 Liter (Kilo) von $^1/_2$ Stunde Dauer (die Zeit, welche hinreicht den Körper zu durchwärmen) bei einem 75 Kilo schweren Menschen von 37° C. Körpertemperatur bewirkt (gleiche Wärmecapacität des Körpers und des Badewassers vorausgesetzt):

$$(400 + 75)\,t = 400 \,.\, 40 + 75 \,.\, 37$$
$$t = \frac{18775}{475} = 39{,}5.$$

Die Temperatur des Körpers steigt somit von 37 auf 39,5° C., es kommt ihm also ein Zuwachs von $2^1/_2$° C. zu, entsprechend 187500 Wärmeeinheiten.

Therapeutische Anwendung. Die Wärmezufuhr zum Gesammtkörper kommt in Betracht bei stark gesunkener Körpertemperatur oder bei drohender Gefahr derselben (Stadium algidum der Cholera; — unreife menschliche Früchte). Allgemeine Wärmezufuhr wird durch warme Bäder, Einwickelungen (Betten), Dämpfe, Insolation, reichliche heisse Getränke bewirkt. Local sind zur Anwendung gezogen warme Umschläge, Partialbäder, Vergraben einzelner Theile in heisse Erde oder Sand, Einbringen

derselben in den Leib frisch getödteter Thiere (Thierbäder); — Einbringen von wunden Stellen in Behälter voll erhitzter Luft. — Es ist nach der Entfernung des wärmenden Agens die durch Erweiterung der Gefässe bedingte grössere Wärmeabgabe zu berücksichtigen.

224. Postmortale Temperatursteigerung.

Erscheinung. Heidenhain fand bei getödteten Hunden als constante Erscheinung, dass, bevor die Abkühlung des Cadavers eintrat, eine vorübergehende Temperaturerhöhung sich zeigte, welche die normale Temperatur des Körpers um etwas überschritt. — Schon früher waren bei menschlichen Leichnamen ähnliche, zum Theil sehr auffallende Temperatursteigerungen unmittelbar nach dem Tode beobachtet worden, namentlich dann, wenn der letztere in Folge von starken Muskelkrämpfen erfolgt war. So mass z. B. Wunderlich bei einer Leiche 57 Minuten nach dem durch Tetanus bedingten Tode 45,375° C. — Die Ursachen der postmortalen Temperatursteigerung liegen:

Ursachen. 1. In einer vorübergehenden gesteigerten Wärmeproduction nach dem Tode, und zwar namentlich vornehmlich durch den Uebergang des dickflüssigen Muskelinhaltes (Myosin) in die feste Form der Gerinnung (Muskelstarre). Der starrwerdende Muskel producirt im Momente des Festwerdens Wärme (Fick und Dybkowski). Alle Ursachen, die eine schnelle und intensive Muskelstarre hervorrufen (wozu auch vorübergehende Krämpfe gehören), werden daher der postmortalen Temperaturerhöhung günstig sein (siehe Muskelphysiologie). — Auch eine schnelle Gerinnung des Blutes muss wärmeerzeugend wirken (siehe Blutgerinnung pg. 52. V.).

2. Als zweite Ursache wirkt die verminderte Wärmeabgabe nach dem Tode. Da die Circulation in wenigen Minuten erloschen ist, so wird von der Hautoberfläche des Cadavers nur wenig Wärme mehr abgegeben, weil zur schnellen Abgabe eine stets neue Füllung der Hautgefässe mit warmem Blute nöthig ist. Im Innern des Körpers gehen aber in den ersten Zeiten nach dem Tode noch eine Reihe von chemischen Processen vor sich, die Wärme erzeugen. Als Valentin getödtete Kaninchen in einen körperwarmen Raum brachte, in welchem die Wärmeabgabe seitens des Körpers unmöglich war, stieg constant die Binnenwärme desselben.

225. Kältewirkung auf den Körper. — Frostwirkung.

Erscheinungen. Eine kurz vorübergehende leichte Abkühlung der äusseren Haut (Entkleiden in kühlem Raume; kurzes kühles Bad oder Douche) bewirkt entweder gar keine Veränderung der Körpertemperatur, oder eine geringe Steigerung (Liebermeister). Letztere rührt daher, dass sowohl reflectorisch der schnellere Molecularumsatz zur Wärmeproduction angeregt wird (Liebermeister), als auch durch Contraction der kleinen Hautgefässe und der Haut selbst die Wärmeabgabe vergeringert ist (Jürgensen, Senator). Anhaltende und intensivere Kältewirkung bedingt jedoch Temperaturabnahme (Curie) vornehmlich durch Leitung (trotz gleichzeitig bestehender grösserer Wärmeproduction). So findet man nach kalten Bädern 34 — 32 — selbst bis 30° C.

Nachwirkungen. Als Nachwirkung stärkerer Wärmeentziehung zeigt sich, dass noch einige Zeit nachher die Körpertemperatur niedriger bleibt, als sie vor derselben war [primäre Nachwirkung, (Lieber-

meister)]. Sie betrug z. B. nach einer Stunde — 0,22° C. im Rectum. — Als secundäre Nachwirkung bezeichnet man die Erscheinung, dass, nachdem die primäre Nachwirkung ausgeglichen ist, nunmehr eine Steigerung der Temperatur statthat (Jürgensen). Diese beginnt (nach kalten Bädern) nach 5—8 Stunden und beträgt im Rectum gegen 0,2° C. (In analoger Weise fand Hoppe-Seyler nach Einwirkung von Wärme auf den Körper im späteren Verlaufe eine Erniedrigung der Körpertemperatur.)

Wirkung des Frostes.

Frostwirkung. — Unter andauernder Wirkung hoher Kältegrade auf die Haut contrahirt sich zuerst, durch den Kältereiz veranlasst, die Musculatur der Haut und ihrer Gefässe, es entsteht daher Blässe der Bedeckungen. Bei fortgesetzter Wirkung tritt Lähmung der Gefässwände ein, die Haut röthet sich unter Erweiterung der Gefässe; und da der Durchgang von Flüssigkeiten durch Capillarröhren überhaupt unter dem Einflusse der Kälte wesentlich erschwert wird, so kommt es zur Stockung des Blutes, die sich bald als livide Verfärbung zu erkennen gibt, da auf dem verlangsamten Wege der O in den kleinen Gefässen fast verbraucht wird. So ist die Circulation an der Peripherie verlangsamt. Bei weiterer intensiver Einwirkung von Frost hört die Blutbewegung an der Peripherie völlig auf, zumal an den dünnsten Stellen (Ohren, Nase, Zehen, Finger). Die sensiblen Nerven werden dadurch functionsunfähig (Taubheit und Gefühllosigkeit). Weiterhin kann es sogar zu einer vollkommenen Durchfrierung kommen. — Da sich die Verlangsamung der Circulation von der Körperoberfläche natürlich auch den anderen Kreislaufsbezirken mittheilen muss, so entsteht wegen Verminderung der Blutbewegung durch die Lungen hindurch eine stärkere Venosität des Blutes (trotz des grossen O-Gehaltes der kalten Luft), in Folge derer die Nervencentren in ihrer Action beeinflusst werden. Grosse Unlust zu Bewegungen, ein peinliches Gefühl der Ermüdung, ein eigenthümlicher unwiderstehlicher Hang zum Einschlafen, Unvermögen folgerecht zu denken, Wanken der Sinnesthätigkeit, endlich völlige Bewusstlosigkeit sind Zeichen dieses Zustandes. Bei — 3,9° C. friert das Blut, während die Säfte der oberflächlicheren Körpertheile schon eher erstarren. [Bei etwaigen Wiederbelebungs- oder Aufthauungsversuchen vermeide man alle biegenden oder brechenden Bewegungen der erstarrten Theile, damit nicht die Eiskrystalle die Gewebe zerstechen. Ferner ist zu schnelles Erwärmen zu unterlassen, da hierdurch eine zu plötzliche Ausdehnung der Gewebstheile bewirkt würde, die ihre moleculare Destruction nach sich ziehen würde. Einfaches Reiben (mit Schnee), um womöglich das Blut von nicht durchfrorenen Stellen allmählich gegen die erstarrten in Bewegung zu setzen, unter ganz allmählicher Erwärmung verspricht den besten Erfolg. Oft hat das Durchfrorensein den partialen Tod der betreffenden Theile (namentlich der dünnen und exponirten) zur Folge.]

226. Künstliche Herabsetzung der Körpertemperatur bei Thieren.

Erscheinungen.

Künstliche Abkühlungen warmblütiger Thiere durch Aufenthalt in kalter Luft oder in Kältemischungen haben eine Reihe charakteristischer Erscheinungen zur Folge (A. Walther). Sind die Thiere (Kaninchen) bis auf 18° C. (Aftertemperatur) abgekühlt, so bemächtigt sich derselben grosse Abgeschlagenheit, ohne dass jedoch die willkürlichen und reflectorischen Bewegungen aufgehoben wären. Der Puls sinkt (von 100—150) auf 20 Schläge in der Minute, wobei der Blutdruck bis auf einige Millimeter Quecksilber gesunken ist. Die Athemzüge sind selten und oberflächlich, die Harnausscheidung stockt, die Leber zeigt einen übermässigen Blutreich-

thum. In diesem Zustande vermag das Thier bis 12 Stunden zu verharren, dann tritt, — nachdem Muskeln und Nerven die Zeichen der Lähmung darbieten, Gerinnung des Blutes nach dem Untergange zahlreicher Blutkörperchen eingetreten, der Augenhintergrund erblasst ist, — der Tod unter Krämpfen und Erstickungszeichen ein.

Das bis auf 18° C. abgekühlte Thier vermag, sich selbst überlassen, bei gleichwarmer Umgebung sich nicht mehr zu erholen; — wird demselben jedoch die künstliche Respiration gemacht, so steigt die Körperwärme um 10° C. Wird mit letzterer noch überdies die Zufuhr von Wärme von aussen verbunden, so erholen sich die Thiere völlig wieder, selbst dann, wenn sie anscheinend todt gegen 40 Minuten dagelegen haben. Walther konnte erwachsene Thiere bis auf 9° C. abkühlen und durch künstliche Athmung und Erwärmung wieder beleben; Howarth junge Thiere sogar von 5° C. an. Blindgeborne Säuger und nackt auskommende Vögel kühlen, sich selbst überlassen, viel schneller ab, als die übrigen. — Morphium, noch mehr Alkohol beschleunigen die Abkühlung der Säuger, wesshalb trunkene Menschen leichter dem Erfrierungstode ausgesetzt sind.

Der Winterschlaf. Der Winterschlaf bietet eine Reihe analoger Erscheinungen dar. Valentin fand, dass die Murmelthiere halbwach zu sein beginnen, wenn ihre Körpertemperatur 28° C. beträgt; bei 18° C. sind sie schlaftrunken, bei 6° zeigen sie leisen, bei 1,6° C. festen Schlaf. Hierbei sinkt der Herzschlag unter Abnahme des Blutdruckes bis auf 8—10 in einer Minute. Die Athemzüge, Blasen- und Darmbewegungen stocken völlig, nur die kardiopneumatische Bewegung unterstützt die geringe Gasdiffusion in den Lungen. Eine Abkühlung bis gegen 0° ertragen sie nicht, sondern sie erwachen, bevor die Temperatur bis zu dieser Erniedrigung gesunken ist. Die Winterschläfer lassen sich somit viel tiefer abkühlen, als andere Säuger, sie geben hierbei ihre Wärme schnell ab und sie vermögen sich mit Schnelligkeit sogar spontan wieder zu erwärmen. Neugeborene Säuger stehen in dieser Beziehung den Winterschläfern näher, als Erwachsene.

Gefrieren der Kaltblüter. Kaltblüter können bei hoher Kälte bis auf 0° abgekühlt werden; ja wenn das Blut gefriert und Eisstücke in der Lymphe der Bauchhöhle sich gebildet haben, können Frösche sich wieder beleben. In dem Kältezustande erscheinen dieselben scheintodt, sie erholen sich jedoch bald bei wärmerer Umgebung. Aufgethaute Froschmuskeln können wieder zucken (Kühne). — Die Keime und Eier niederer Thiere (z. B. Insecteneier) überdauern anhaltenden heftigsten Frost; — bei mässiger Kälte wird die Entwickelung nur verzögert.

Ueberfirnissen der Haut. Das Ueberfirnissen der Haut bringt eine Reihe ähnlicher Zustände hervor, wie die Abkühlung. Die überfirnisste Haut gibt sehr leicht die Wärme nach aussen durch Strahlung ab (Krieger), zumal die Blutgefässe der Haut äusserst dilatirt erscheinen (Laschkewitzsch). Daher kühlen sich die Thiere stark ab und sterben; die O-Aufnahme ist bei ihnen nicht vermindert. Verhindert man die Abkühlung (Valentin, Schiff) durch Erwärmen und Einwickelungen, so bleiben die Thiere am Leben. Das Blut der gestorbenen Thiere enthält keine giftigen Substanzen, noch auch Retentionsstoffe, die den Tod bedingt haben könnten, denn andere Thiere, denen man es einspritzt, bleiben gesund. Beim Menschen scheint das Ueberfirnissen der Haut nicht schädlich zu wirken (Senator).

227. Anwendung der Kälte.

Die Anwendung der Kälte auf den grössten Theil der Körperoberfläche kann von folgenden Gesichtspunkten aus geschehen:

Allgemeine Wärmeentziehung. a) Durch längere Zeit dauernde kalte Bäder (oder Einwickelungen) der Körperoberfläche möglichst viel Wärme zu entziehen, wenn die Körpertemperatur

im Fieber eine gefahrdrohende Höhe erreicht hat. Es geschieht dies am nachhaltigsten, wenn von mässiger Wärme an das Bad allmählich abgekühlt wird, weil durch plötzliche niedrige Grade die Haut stark blutarm und contrahirt wird, so dass sofort der Wärmeabgabe hierdurch starke Hindernisse bereitet werden. Auch wird das allmählich erkaltete Bad längere Zeit ertragen (Ziemssen). Zusatz reizender Stoffe, z. B. Salz, welches auf die Erweiterung der Hautgefässe wirkt, befördert die Wärmeabgabe, zumal auch das Salzwasser in erhöhtem Grade die Wärme leitet. (Gleichzeitige innerliche Darreichung von Alkohol befördert die Abkühlung.)

Locale Wärme-entziehung.

Locale äussere Wärmeableitungen (Eisbeutel) dienen in erster Linie zur Contraction der Gefässe und Zusammenziehung der Gewebe (bei Entzündungen) unter gleichzeitiger localer Wärmeentziehung Ob hierbei an Ort und Stelle der wärmebildende moleculare Zerfall der Spannkräfte retardirt wird, ist unentschieden.

Locale Wärmeentziehung durch schnell verdunstende Stoffe (Aether, Schwefelkohlenstoff) bewirkt Abstumpfung der Gefühlsnerven. — Zufuhr niedrig temperirter Medien zum Körperinnern (Athmung kühler Luft, kühle Getränke, kühle Darm-, Blasen-, Genital-Einspritzungen) wirken theils local, theils vermögen sie eine allgemeine Wärmeentziehung bei anhaltender und intensiver Einwirkung nach sich zu ziehen.

Bei Einwirkung der Kälte ist in Betracht zu ziehen, dass der Verengerung der Gefässe und dem Zusammenfallen der Gewebe nach Aufhören der Einwirkung eine stärkere Füllung und Turgescenz zu folgen pflegt.

228. Wärme entzündeter Theile.

„Calor" wird zu den Fundamentalerscheinungen der Entzündung gerechnet (neben Rubor, Tumor und Dolor). Dennoch beruht die anscheinend gesteigerte Wärme entzündeter Theile keineswegs auf Steigerung der Temperatur über Blutwärme. (Simon hat 1860 allerdings angegeben, das zum Entzündungsherd hinströmende Blut der Arterien sei kälter, als er selbst; — doch hat v. Bärensprung dies mit Recht verneint.) Wegen der Erweiterung der Gefässe (Rubor) und der damit in Zusammenhang stehenden Beschleunigung der Circulation in der Entzündungsstelle, sowie wegen der Schwellung der Gewebe durch gut leitende Flüssigkeit (Tumor) pflegen äussere Körpertheile (Haut) meist wärmer zu sein, als gewöhnlich, und zugleich leichter die Wärme durch Leitung abzugeben; doch übersteigt ihre Wärme nicht die Blutwärme. Ob im Entzündungsherde selbst nicht etwa auch (vielleicht je nach Art der Entzündung) vermehrte Wärmeproduction durch beschleunigten Molecularzerfall statthat, ist zur Zeit unermittelt.

229. Historisches zur Wärmelehre.

Nach Aristoteles bereitet das Herz in sich die Wärme und sendet dieselbe zugleich mit dem Blute allen Körpertheilen zu. Diese in ähnlicher Weise auch bei Hippokrates und Galen anzutreffende Lehre war lange Zeit die dominirende und wird zuletzt noch bei Cartesius und Bertholinus (1667, flamula cordis) angetroffen. — Die iatromechanische Schule (Boerhave, van Swieten) leitete die Wärme von der Friction des Blutes an den Gefässwänden ab. — Die iatrochemische Schule suchte hingegen die Quelle der Wärme in Gährungen, welche durch den Eintritt der resorbirten Nährstoffe in das Blut entständen (van Helmont, Sylvius, Ettmüller). Erst durch Lavoisier (1777) wurde die Verbrennung des C in den Lungen als Wärmequelle hingestellt.

Nach Entdeckung des Thermometers durch Galilei machte Sanctorius (1626) die ersten thermometrischen Untersuchungen an Kranken, während die ersten calorimetrischen Messungen von Lavoisier und Laplace ausgeführt wurden.

Physiologie des Stoffwechsels.

230. Inbegriff des Stoffwechsels.

Definition und Aufgaben des Stoffwechsels.

Unter dem Stoffwechsel verstehen wir die den sämmtlichen, auch den niedrigsten, lebenden Wesen zukommende, — die organisirte Schöpfung gegen die unorganisirte scharf abgrenzende — Erscheinung (vgl. pag. 15), die darin besteht, dass das Wesen im Stande ist, die aus der Nahrung (bei den Thieren durch die Verdauung) gewonnenen Substanzen ihren Geweben einzuverleiben und dieselben zu einem integrirenden Theile ihres belebten Leibes zu gestalten: diesen Theil des Stoffwechsels nennt man die Assimilation. Weiterhin vermag der Organismus vermöge des Stoffwechsels aus den assimilirten Beständen, die ein Reservoir von Spannkräften darstellen, durch Umsetzung Leistungen in Form lebendiger Kräfte zu erzielen, die in der Reihe der höheren Thiere am augenfälligsten als Muskelarbeit und Wärme hervortreten. Der hierdurch entstehende Umsatz der Gewebsbestände, der schliesslich in der Bildung von Auswurfsstoffen sein Ende erreicht, ist somit ein ferneres Object der Stoffwechsellehre.

Zum normalen Stoffwechsel gehört also zunächst ein qualitativ und quantitav passend gewähltes Nährmaterial; — eine dem Verbrauche in dem Thierkörper entsprechende Anbildung; — ein geregelter chemischer Umsatz der Gewebe, und die Zubereitung der den Excretionsorganen zur Verfügung gestellten Auswurfsstoffe.

Uebersicht der wichtigsten zur Aufnahme verwendeten Substanzen.

231. Das Wasser.

Bedeutung für den Körper.

Wenn man erwägt, dass der Körper gegen 58,5% Wasser in allen seinen Geweben enthält, dass beständig Wasser durch Harn und Koth, sowie durch die Haut und die Lungen ausgeschieden wird, so leuchtet die Nothwendigkeit der Wasseraufnahme für den Körper sofort ein. Dazu kommt, dass für die Processe der Verdauung und der

Resorption eine Auflösung der meisten Substanzen in Wasser nothwendig ist, und ebenso, dass zahlreiche Auswurfsstoffe zumal im Harn als wässerige Lösungen den Körper wieder verlassen müssen.

Das Wasser (soweit es nicht als Bestandtheil aller feuchten Nahrungsmittel in Betracht kommt) wird als Getränk in verschiedener Weise dargeboten: — 1. Als Regenwasser (zumal in manchen Ländern in passenden Behältern, Cysternen etc. gesammelt), welches am meisten dem destillirten (chemisch reinen) Wasser nahe steht, aber dennoch stets geringe Menge CO_2, NH_3, salpetrige Säure und Salpetersäure enthält. — 2. Als Brunnen- oder Quellwasser, gewöhnlich reich an Mineralbeständen. Seine Entstehung verdankt es den atmosphärischen Niederschlägen, welche die CO_2-reichen Bodenschichten durchsickern und mit Hilfe der absorbirten CO_2 die Alkalien, alkalische Erden und Metalle daraus zu lösen im Stande sind. Diese gehen nämlich so als doppelt-kohlensaure Salze in Lösung, z. B. der kohlensaure Kalk, das kohlensaure Eisenoxydul. Es wird entweder den Brunnen durch Schöpfvorrichtungen entnommen, oder es sprudelt an gewissen Stellen als Quell aus den Erdschichten hervor. — 3. Das fliessende Wasser der Ströme, Flüsse, Bäche ist gewöhnlich viel ärmer an Mineralstoffen, als das Brunnen- und Quellwasser. An der Oberfläche fliessend gibt nämlich das Quellwasser alsbald viel CO_2 ab. Da nur durch das Vorhandensein dieser die Lösung vieler Mineralstoffe, namentlich des Kalkes, möglich ist, so werden unlösliche Niederschläge dieser Stoffe erfolgen müssen.

Regenwasser. *Brunnenwasser.* *Flusswasser.*

Das Wasser der Brunnen und Quellen ist sehr arm an O, dagegen reich an CO_2; letztere gibt ihm das Erfrischende und Erquickende. Aus gleichem Grunde vermag an den Quellen wohl ein reiches Pflanzenleben zu gedeihen (pag. 13), dagegen ist die Existenz der O-bedürftigen thierischen Organismen im Quell- und Brunnenwasser äusserst beschränkt. Das frei fliessende Wasser absorbirt jedoch aus der Luft O unter Abgabe von CO_2 (pag. 60) und gibt so den Fischen und anderen Wasserthieren die nothwendigste Existenzbedingung. Das Flusswasser enthält gegen $^1/_{30}$—$^1/_{20}$ seines Volumens an absorbirten Gasen; — durch Sieden oder Frieren werden letztere ausgetrieben.

Gasgehalt

Als Trinkwasser dient vornehmlich das Wasser der Brunnen und Quellen. Flusswasser (mit dem sich manche grosse Städte, z. B. Paris, begnügen müssen), bedarf zunächst einer Reinigung von dem darin aufgeschwemmten Thon und anderen zufälligen Verunreinigungen, indem man es durch grosse mit dicken (mit Holzkohle vermengten) Sandschichten belegte „Filtrirbeete" klärt und läutert. — Im Kleinen kann man sich mit Vortheil zur Klärung der käuflichen Kohlenfilter bedienen, zumal die Kohle noch dazu desinficirend wirkt. — Merkwürdig ist in dieser Beziehung noch die Wirkung des Alauns, der in einer Verdünnung von 0,0001% trübes Wasser zu klären vermag.

Klärung trüben Wassers.

Das Trinkwasser soll (selbst in dicken Schichten betrachtet) völlig farblos und ungetrübt sein, ebenso ohne Geruch (am besten bei Erwärmung auf 50°) wahrzunehmen). Es darf ferner nicht

Eigenschaften eines guten Trinkwassers.

zu hart, d. h. nicht übermässig reich an Kalk- (und Magnesia-) Salzen sein.

„Härte" des Wassers.

Mit dem Namen „Härtegrad" bezeichnet man die Einheit an Kalk- (und Magnesia-) Verbindungen in 100.000 Theilen Wasser: ein Wasser von 20 Härtegraden enthielte demgemäss in 100.000 Theilen 20 Theile Kalk (Calciumoxyd) an CO_2, Schwefelsäure und Chlorwasserstoffsäure gebunden (die geringen Mengen Magnesia kommen wenig in Betracht). Ein gutes Trinkwasser soll 20 Härtegrade nicht bedeutend übersteigen. [Zur Bestimmung des Härtegrades kann man eine titrirte Seifenlösung benutzen, die mit dem zu untersuchenden Wasser geschüttelt um so später Schaum gibt, je härter das Wasser ist.] Man nennt die Härte, welche ungekochtes Wasser zeigt, seine „Gesammthärte", die Härte des gekochten seine „permanente Härte" (Kubel). Durch das Sieden wird nämlich in Folge der CO_2-Entweichung vornehmlich der kohlensaure Kalk gefällt, daher das gekochte Wasser weicher wird.

Nachweis von Schwefelsäure, von Chlor, von Kalk, von Magnesia,

Trübung des Wassers nach Zusatz von etwas Salzsäure und Chlorbaryumlösung zeigt das Vorhandensein von Schwefelsäure an (meist in Gyps). — Niederschlag nach Zusatz von etwas Salpetersäure und Silbernitratlösung bewirken vorhandene Chlormetalle. — 50 Ccmtr. Wasser werden mit etwas Salzsäure angesäuert, dann Ammoniak im Ueberschuss zugesetzt und hierauf Lösung von oxalsaurem Ammon zugesetzt: der weisse Niederschlag ist Kalkoxalat. — Nach Absetzung dieses Kalkniederschlages wird die klare Flüssigkeit abgegossen und mit Lösung von phosphorsaurem Natron und etwas Ammoniak versetzt: der nun entstehende krystallinische Niederschlag zeigt Magnesia an. — Je schwächer diese Reactionen auf Schwefelsäure, Chlor, Kalk und Magnesia sind, um so besser ist das Wasser. — Gutes Trinkwasser soll ferner nur Spuren von salpetersauren Salzen, salpetriger Säure und Ammonverbindungen enthalten, da ihr Vorhandensein auf in Zersetzung begriffene N-haltige organische Substanzen hindeutet. —

von Salpetersäure, von salpetriger Säure, von Ammonverbindungen.

Salpetersäure wird angezeigt, wenn man 100 Ccmtr. Wasser mit 2—3 Tropfen concentrirter Schwefelsäure ansäuert, einige Stückchen Zink hineinlegt und nun eine Lösung von (reinem!) Jodkalium mit etwas Stärkelösung zusetzt, so dass Bläuung entsteht. — Der Nachweis von salpetriger Säure geschieht durch Bläuung nach Zusatz von Jodkaliumlösung und etwas Stärkekleisterlösung nach Ansäuerung des Wassers mit etwas Schwefelsäure. — Ammonverbindungen erkennt man durch Nessler'sches Reagenz.

(Man löst 2 Gr. Jodkalium in 50 Ccmtr. Wasser und setzt unter Erwärmen so lange Quecksilberjodid zu, bis etwas ungelöst bleibt, — lässt erkalten, — verdünnt mit 20 Ccmtr. Wasser. Zwei Theile dieser Lösung versetzt man mit 3 Theilen concentrirter Kalilauge, filtrirt und bewahrt wohl verschlossen.) Spuren von Ammoniak im Wasser bewirken mit Nessler's Reagenz gelbe bis röthliche Färbung; grosse Mengen machen einen braunen Niederschlag von Quecksilber-Ammonium-Jodid.

Die organischen Substanzen des Trinkwassers als Krankheitsursachen.

Von der grössten Bedeutung für die Güte des Trinkwassers ist es, dass dasselbe frei sei von in Verwesung oder Zersetzung begriffenen organischen Materien. Letztere im Verein mit den stets in ihnen anzutreffenden Keimen der niederen Organismen bringen nämlich im Trinkwasser genossen dem Körper schwere Gefahren, da eine Anzahl ansteckender Krankheiten, namentlich Cholera und Typhus durch sie ihre Verbreitung finden können. Letzteres ist namentlich der Fall, wenn sich die benutzten Brunnen in der Nähe der Abtritte und Dungstätten befinden, so dass die Zersetzungsstoffe in die Wasserbehälter durchsickern können. — Zur Erkennung des Vorhandenseins organischer Substanzen gibt Anhalt: — 1. Man dampft eine etwas

Qualitative Bestimmung der organischen Bestandtheile.

grössere Wassermenge in einer Porcellanschale ab bis zum Trocknen, und erhitzt weiterhin stärker: es wird sich beim Vorhandensein grösserer Mengen organischer Substanzen Bräunung bis Schwärzung einstellen; sind letztere N-haltig, so tritt zugleich der Geruch nach verbrannten Haaren auf. Gutes Wasser zeigt so behandelt nur eine schwache Bräunung. — 2. Etwas Goldchloridkalium-Lösung zum Wasser zugesetzt, verursacht einen schwärzlichen schlammigen Niederschlag nach längerem Stehen. — 3. Etwas Lösung von übermangan-

saurem Kali hinzugefügt, entfärbt sich allmählich unter Bildung eines braunen schlammigen Bodensatzes. Die Niederschläge von 2. und 3. sind um so reichlicher, je grösser die Menge vorhandener organischer Substanzen im Trinkwasser war.

Quantitative Bestimmung. Quantitativ kann man nach Woods die organischen Substanzen also bestimmen: Man bereitet a) eine Lösung von 1 Gr. trockenen reinen übermangansauren Kali in 1 Liter Wasser. [b) 0,63 Gr. trockne Oxalsäure löst man in 1 Liter Wasser. Werden nun 40 Ccmtr. von b) mit 300 Ccmtr. Wasser verdünnt und 2 Ccmtr. starker Lösung von schwefeliger Säure hinzugesetzt und das Gemisch auf 60° C. erhitzt, so müssen eingeträufelte 13 Ccmtr. von a) entfärbt werden.] Zur Prüfung des Trinkwassers nimm 1 Liter desselben, setze 2 Ccmtr. starker Lösung schwefeliger Säure hinzu, erhitze auf 60° C. und tropfe aus einer Bürette unter Umrühren Lösung a) so lange ein, bis die erste dauernde Röthung entsteht. 1 Ccmtr. von a) wird durch 5 Milligramm organischer Substanz entfärbt. (Als Correction wird von der Menge des verbrauchten a) noch 0,24 Ccmtr. abgezogen, weil diese Menge allein schon zur bemerkbaren Röthung des Wassers verwendet ist.)

Vorsicht bei schlechtem Trinkwasser. Nie sollte schlechtes Trinkwasser, zumal wenn es reich ist an organischen Materien, so wie es ist, genossen werden, namentlich aber nicht zur Zeit herrschender oder drohender Epidemieen von Typhus, Cholera, Ruhr. Es ist dringend anzurathen, das Wasser vorher gründlich aufzukochen (wodurch die Ansteckungskeime vernichtet werden); der hiernach entstehende fade Geschmack lässt sich leicht durch Zusatz von etwas Kochsalz, Brausepulver, Zucker, oder Fruchtsaft corrigiren.

232. Bau und Absonderungsthätigkeit der Milchdrüsen (Brüste).

Milchgänge. Gegen 20, isolirt auf der Spitze der Warze mündende Milchgänge (Posthius 1590; Bartholinus 1673), die kurz vor ihrer Oeffnung mit länglich ovaler und meist seitlich ausgebuchteter Erweiterung (Sinus lacteus) versehen sind, führen unter dendritischer Verästelung je zu einem besonderen Drüsenlobus, die ein lockeres interstitielles Bindegewebe vereint. Nur zur Zeit der Lactation tragen alle Endverzweigungen der Milchgänge die rundlichen Drüsenacini gruppenartig geordnet. *Drüsenbläschen.* Jedes Bläschen hat auf seiner Membrana propria aussen ein Gespinnst sternförmiger Bindesubstanzzellen, und trägt im Innern eine einfache Schicht etwas platter polyedrischer gekernter Secretions-Zellen. *Secretionszellen.* Das je nach dem Grade der absondernden Thätigkeit des Acinus bald engere, bald weitere Lumen desselben ist mit einer Flüssigkeit erfüllt, in welcher kugelige glänzende Fettkörnchen schwimmen (Milch). Fibrilläres, vorwiegend circulär geordnetes Bindegewebe, aussen von feinen elastischen Fasern durchzogen, bildet die Wand der mit Cylinderepithel ausgekleideten Drüsengänge; an den feinsten unter ihnen erkennt man noch eine Membrana propria, die mit der des Endbläschens im Zusammenhange steht. Während der Milchbereitung sind die Secretionszellen und ihre Kerne mehr abgeplattet, das Protoplasma der Zellen ist erfüllt von zahlreichen Fettkörnchen. — In den ersten Tagen nach der Entbindung (ebenso wie vor derselben), sondern die Brüste wenig Milch von grösserer Consistenz und gelblicher Farbe ab (Colostrum), in welcher grössere völlig mit Fettkörnchen erfüllte Secretionszellen der

Colostrum- und Milch-Körperchen.

Acini angetroffen werden (Colostrumkörperchen). Die nach 3—4 Tagen erfolgende regelrechte Milchabsonderung wird zum Theil so dargestellt, als wenn die Milchkügelchen die zerstreuten Trümmer der fettig entarteten und zerfallenen Secretionszellen wären. Richtiger dürfte die Anschauung von Stricker und Schwarz sein, dass die Fettkörnchen in den Secretionszellen bereitet und dann activ von dem Protoplasma der Secretionszellen eliminirt werden, zugleich mit der Absonderung der klaren Flüssigkeit der Milch.

Warzenhof und Warze. Der Warzenhof und die Warze sind durch Pigmentablagerung in den Zellen des Rete Malpighii (während der Schwangerschaft reichlicher und umfangreicher) und durch grosse Cutispapillen ausgezeichnet, von denen einige Tastkörperchen enthalten. Zahlreiche glatte Muskelfasern in den tiefen Choriumschichten und im subcutanen (stets fettfreien) Gewebe umgeben die Milchgänge der Warze, und verlaufen auch theilweise longitudinal bis zur Warzenspitze. Die zur Zeit der Lactation im Warzenhofe liegenden hirsekorngrossen Montgomery'schen Drüsen sind höckerartig hervorragende subcutane kleine Milchdrüschen mit besonderem Ausführungsgange auf der Kuppe des Höckerchens.

Gefässe der Mamma. **Arterien** dringen von verschiedenen Seiten in die Mamma ein, ihre Aeste begleiten nicht die Drüsengänge; netzförmig angeordnete Capillaren umstricken die Drüsenacini, die durch kleine Arterien und Venen mit denen der benachbarten Bläschen anastomosiren. Im Warzenhofe sind die Venen ringförmig angeordnet (Circulus Halleri). — *Nerven der Mamma.* Die Nerven der Drüse stammen aus den Nn. supraclaviculares und intercostales II—IV—VI; sie gehen theils zur Haut der Drüse und der sehr empfindlichen Warze, theils zu den Gefässen, theils zu den glatten Muskelfasern der Warze und zu den Drüsenbläschen selbst, woselbst ihre Endigungsweise jedoch noch unbekannt ist. — Ueber die genaue Erforschung der Brustdrüsen hat sich C. Langer das grösste Verdienst erworben.

Milchdrüsen der Thiere. Vergleichendes: Zehn bis zwölf Zitzen finden sich bei Nagethieren, Insectivoren, Fleischfressern; andere unter ihnen haben nur 4. Dickhäuter und Wiederkäuer tragen meist 2—4 am Abdomen, 2 die fleischfressenden Wale neben der Vulva. Dem Menschen gleichen die Affen, Flatterthiere und pflanzenfressenden Wale, Elephant, Faulthier; die Halbaffen haben 2—4 Zitzen. Bei den Schnabelthieren finden sich zu Gruppen geordnete Schläuche (Aehnlichkeit mit Hautdrüsen), die ohne Zitze auf einem haarlosen flachen Hautfelde münden. Die unreife Junge gebärenden Beutelthiere tragen die Jungen in einem musculösen Hautduplicatur-Sack am Bauche, in welchem die Zitzen liegen. Bei ihnen und den Schnabelthieren existirt ein Musculus compressor mammae, der die Milchentleerung befördert.

Entwickelung der Mamma. Bei beiden Geschlechtern beginnt die Entwickelung der Mamma bereits im dritten Monat; im vierten bis fünften findet man bereits einige einfach schlauchförmige Drüsengänge unter dem haarlosen grubenartig vertieften Warzenhofe in radialer Anordnung. Beim Neugeborenen sind die Gänge bereits 2—3mal verästelt und mit ausgebuchteten Enden versehen. *Geschlechtsverschiedenheiten. Weibliche Brust.* Bei beiden Geschlechtern theilen sich bis zum 12. Jahre die Gänge dendritisch, jedoch ohne eigentliche Acinusentwickelung an denselben. Bei geschlechtsreifen Mädchen schreitet diese Verästelung rasch und umfangreich vor, doch zeigt auch hier die bindegewebsreiche Drüse nur an der Peripherie Acinusbildung, während erst mit der eintretenden Schwangerschaft auch in der Mitte des Drüsenkörpers sich charakteristische Acini entwickeln unter Auflockerung der Bindegewebszüge. — In den klimakterischen Jahren gehen alle Acini und zahlreiche feine Milchgänge zu Grunde. — *Männliche Brustdrüse.* Der erwachsene Mann besitzt meist eine der des Neugeborenen ähnliche Drüse, die also seit der Pubertät zurückgebildet ist. — *Varietäten.* Accessorische Warzen auf der Brust sind als selbstständige Ausmündungen einzelner Milchgänge von Interesse; — Vermehrung der Drüsen (selbst 5) in der Unterbrust- und Bauchgegend sind als Thierähnlichkeit beachtenswerth. Merkwürdig ist die Lage einer Mamma in der Achsel, auf dem Rücken, dem Akromion oder am Schenkel. — Geringe Absonderung der Brüste bei Neugeborenen (Hexenmilch)

ist normal, dagegen gehört das Säugen seitens eines Mannes zu den grössten Seltenheiten (A. v. Humboldt, Häser). Nach Aristoteles sollen mitunter Böcke Milch geben (von Schlossberger bestätigt), ebenso Kälber, nachdem ihre Zitzen häufig angesaugt; und unbelegte Ziegen, nachdem ihre Euter mittelst Nesseln gereizt sind.

Entleerung der Milch. Bei der Entleerung der Milch — (500—1500 Ccmtr. pro Tag) — wirkt nicht allein rein mechanisch das Saugen, sondern es kommt eine active Thätigkeit der Brustdrüse hinzu. Diese besteht zunächst in der Erection der Warze, wobei die glatten Muskeln derselben zur Entleerung der Milch auf die Sinus der Gänge drücken, so dass dieselbe sogar im Strahle hervorspritzen kann. *Nerveneinfluss.* Aber auch der eigentliche Drüsenkörper wird reflectorisch durch Reizung der sensiblen Warzennerven zur lebhafteren Absonderung angeregt. Aus den plötzlich erweiterten Drüsengefässen ergiesst sich reichlicher ein Transsudat zur Drüse, die es mit den Milchkörperchen vereint als Milchflüssigkeit verarbeitet abgibt. Die Menge der Absonderung hängt so von der Höhe des Blutdruckes ab (Röhrig). So wird nicht allein die in der Brust aufgespeicherte Milch ausgesogen, sondern es kommt während des Saugens zur neuen beschleunigten Secretion: „Die Brust lässt zu," wie bei uns die säugenden Frauen sich ausdrücken. Nur so erklärt sich auch, wie bei plötzlichen Gemüthsbewegungen, die (wie Zorn, Furcht etc.) auf die vasomotorischen Nerven erfahrungsgemäss wirken, plötzlich die Milchsecretion stocken kann. — *Experimente.* Nach Durchschneidung der (cerebrospinalen) Nerven der Mamma sah Eckhard die Erection der Zitzen fehlen, doch litt die Milchbildung bei Ziegen keine Unterbrechung. — Die selten beobachtete sogenannte Galactorrhoe ist vielleicht als eine Art paralytischer Secretion aufzufassen, ähnlich der analogen Speichelabsonderung. — *Milchfieber.* Das mit beginnender Milchabsonderung einhergehende leichte „Milchfieber" rührt wahrscheinlich von einer lebhafteren Erregung der Vasomotoren her, deren Thätigkeit auch zur anderweitigen Dislocirung der Blutmasse der Beckenhöhle nach der Geburt in Anspruch genommen werden muss (siehe pg. 408. c.).

233. Die Milch.

Allgemeine Eigenschaften. Die Milch muss als ein vollkommenes Nahrungsmittel bezeichnet werden, in der alle Bestandtheile so vorhanden sind, dass der Körper dabei leben und wachsen kann. Es kommen darin etwa auf 10 Theile Albuminate 10 Theile Fett und 20 Theile Zucker. — Undurchsichtig, bläulich weiss, von süsslichem Geschmacke, und einem charakteristischen Geruch, wahrscheinlich von eigenthümlichen Riechstoffen des Hautsecrets der Drüse stammend, hat die Milch ein spec. Gewicht von 1,018—1,045. Beim Stehen sammeln sich an ihrer Oberfläche zahlreiche Butterkügelchen (als Rahm), unter denen eine wässerige bläuliche Schicht liegt. Frauenmilch reagirt stets alkaliseh, (Kuhmilch bald alkalisch, bald sauer, bald amphoter; Hundemilch stets sauer).

Milchkügelchen. **Die Milch- oder Butterkügelchen.** — Mikroskopisch enthält die Milch zahllose kleine Butterkügelchen (Milchkügelchen), welche in dem klaren Safte (Milchplasma) aufgeschwemmt sind. Colostrumkörperchen und Epithelien der Milchgänge sind in der reifen Milch seltener. Die Milchkügelchen bewirken (wegen der Reflection des Lichtes) die weisse Farbe und die Undurchsichtigkeit der Milch. Die Milchkörperchen bestehen aus dem Butterfett und sind von einer sehr dünnen Lage von Caseïn umschlossen. *Caseïnhülle derselben.* Setzt man zu einem mikroskopischen Präparat Essigsäure, welche die Caseïnhüllen löst, so fliessen die Milchkügelchen wie Fettaugen in einander. Wird ferner Milch mit Aetzkali geschüttelt, welches die Caseïnhüllen zerstört, und

hierauf mit Aether vermischt, so wird die Milch hell und durchsichtig, da der Aether alle Fettkörnchen in Lösung bringt. Vor Behandlung mit Aetzkali vermag Aether nicht die Fette aus ihren Hüllen zu befreien. Auch Essigsäure wirkt durch Lösung der Caseïnhüllen ähnlich. — Andere Forscher läugnen jedoch das Vorhandensein der Caseïnhüllen; nach ihnen ist die Milch eine einfache Emulsion, als solche dauernd gehalten durch das colloide im Milchplasma nur gequollene Caseïn. Die Behandlung der Milch mit Kali und Aether macht (vielleicht durch Wasserentziehung) das Caseïn des Plasma ungeeignet, die Emulsion der Milch dauernd zu erhalten (Soxhlet).

Milchfette. Die Fette der Milchkügelchen sind die Triglyceride der Stearin-, Palmitin-, Myristin-, Oel-, Arachin- (Butin-), Caprin-, Capryl-, Capron- und Butter-Säure. Daneben finden sich Spuren von Essig- und Ameisen - Säure (Heintz).

Butter. Durch längeres Schlagen der Milch („Buttern") (leichter noch des Rahms) wird das Fett der Milchkügelchen (eventuell nach Zerreissen der Caseïnhüllen) als Butter in zusammenhängender Masse gewonnen. Butter ist in Alkohol und Aether löslich, durch Schmelzen (60° C.) oder Auswaschen mit Wasser von 40° wird sie gereinigt. An der Luft stehend wird sie ranzig, indem durch Pilzvegetationen das Glycerin der neutralen Butterfette in Acrolein und Ameisensäure zersetzt wird, und die Fettsäuren flüchtig werdend den ranzigen Geruch geben.

Milchplasma. Die durch Transsudation durch Thonzellen oder Membranen gewonnene **Milchflüssigkeit** (Milchplasma) ist klar, etwas opalescirend und enthält: Caseïn, Serumalbumin (pg. 57) — Milchzucker, (? Milchsäure), Lecithin, Harnstoff, Extrativstoffe; — Chlornatrium, Chlorkalium, phosphorsaure Alkalien, Calcium- und Magnesium-Sulphat, kohlensaures Alkali, dazu Spuren von Eisen, Fluormetallen und Kieselerde; — CO_2 — N — O.

Beim Kochen gerinnt das Albumin in der Milch; dazu überzieht sich die freie Fläche mit einer Haut unlöslich gewordenen Caseïns.

Milch-gerinnung. Die Gerinnung der Milch besteht in einer Coagulation des Caseïns. Letzteres ist in der Milch an Calciumphosphat gebunden und hierdurch löslich; Säuren, welche demselben letzteres entziehen, bedingen Coagulation des Caseïns. — Die spontane Milchgerinnung nach längerem Stehen, zumal in der Wärme, erfolgt durch Bildung von Milchsäure; letztere wird durch ein besonderes Ferment in der Milch (durch Spaltung des Milchzuckers) erzeugt, sie führt das neutrale Alkaliphosphat in saures über, entzieht dem Caseïn das Calciumphosphat und fällt so das Caseïn. Durch Alkohol kann das Ferment isolirt werden.

Durch Lab, welches ein besonderes Ferment enthält, kann Milch bei alkalischer Reaction coagulirt werden (süsse Molke); dies Ferment spaltet das Caseïn in den niederfallenden Käse und das leicht lösliche Molkeneiweiss (Hammarsten). Es ist also die Labgerinnung von den anderen sehr verschieden. — Ist die Milch coagulirt, so unterscheidet man den Käsekuchen (bestehend aus dem Caseïn nebst eingeschlossenen Milchkügelchen) — und die Molken, etwas gelöstes Albumin und Fett, dann aber die grösste Menge der Salze und des Milchzuckers enthaltend nebst Milchsäure.

Verhindern der Gerinnung. Veränderung der Milch beim Stehen. Aufkochen (durch Tödtung niederer Organismen); doppeltkohlensaures Natron ($^1/_{1000}$); Ammoniak, Salicylsäure ($^1/_{5000}$); (auch Glycerin und ätherisches Senföl) verhindern die spontane Gerinnung. — Längere Zeit an der Luft stehend gibt die Milch CO_2 ab und nimmt O auf; — es wird (durch die alsbald sich entwickelnden Pilze in der Milch?) dabei eine Vermehrung des Fettes (daneben des Alkohol- und Aetherextractes) auf Kosten des Caseïns hervorgerufen (Hoppe-Seyler, Kemmerich); das Albumin wird (durch Oxydation?) in Caseïn übergeführt (ebenso durch Kochen).

Es enthält in 100 Theilen:

Quantitative Zusammensetzung der Milch,

	Frauenmilch		Kuhmilch	Ziegenmilch	Eselsmilch
Wasser	87,24—90,58		84,28	86,85	89,01
Feste Stoffe	9,42—12,39		15,72	13,52	10,99
Caseïn . . .	2,91—3,92	1,90—2,21 (Caseïn + Albumin)	3,57	2,53	3,57 (Caseïn + Albumin)
Albumin . .	. .		0,78	1,26	
Butter . . .	2,67—4,30		6,47	4,34	1,85
Milchzucker	3,15—6,09		4,34	3,78	5,05 (Milchzucker + Salze)
Salze . . .	0,14—0,28		0,63	0,65	

des Colostrums.

Das Colostrum enthält viel Serumalbumin und sehr wenig Caseïn, dahingegen alle anderen festen Stoffe reichlicher, namentlich auch die Butter.

Gase.

Pflüger und Setschenow fanden in 100 Volumina Milch dem Volumen nach: 5,01—7,60 CO_2; — 0,09—0,32 O; — 0,70—1,41 N. Die CO_2 ist zum Theil nur durch Phosphorsäure austreibbar.

Salze.

Unter den Salzen überwiegen die Kalisalze über die Natronverbindungen (wie in den Blutkörperchen und im Fleische), ausserdem ist ein erhebliches Quantum Calciumphosphat zur Knochenbildung des Säuglings vorhanden. Wildenstein fand in 100 Theilen Asche der Frauenmilch: Kochsalz 10,73, Chlorkalium 26,33, Kali 21,44, Kalk 18,78, Magnesia 0,87, Phosphorsäure 19, phosphorsaures Eisenoxyd 0,21, Schwefelsäure 2,64, Kieselerde Spur.

Einflüsse auf die Zusammensetzung der Milch.

Je öfter die Brust entleert wird, um so Caseïn-reicher ist die Milch. Die zuletzt (in derselben Sitzung) entleerte Milch ist die butterreichste, da sie aus den tiefstgelegenen Theilen der Drüse, den Acinis, stammt (Reiset, Heynsius). — In den progressiven Zeiten nach der Geburt nehmen einige Theile in der Milch zu, andere ab. Es nehmen zu: bis zum zweiten Monat nach der Geburt das Caseïn und die Butter, bis zum fünften Monat die Salze (von da an progressiv jedoch wieder ab), vom 8.—10. Monat der Zucker. Es nehmen ab: vom 10.—24. Monat das Caseïn, vom 5.—6. und vom 10. bis 11. Monat die Butter, im 1. Monat der Zucker.

Je grösser die Menge der gebildeten Frauenmilch ist, um so reicher ist in ihr das Caseïn und der Zucker, um so spärlicher die Butter. — Die Milch Erstgebärender soll wasserärmer sein. Reiche Nahrung, namentlich Fleischkost (weniger Pflanzenkost) vermehrt die Menge der Milch und in ihr das Caseïn und die Butter; Aufnahme von reichlichen Kohlehydraten (nicht von Fett) steigert den Zuckergehalt.

Thiermilch zur Ernährung.

Ist man genöthigt Thiermilch zu verwenden, so beachte man, dass Eselsmilch der menschlichen am ähnlichsten ist. Kuhmilch (am besten recht fette) muss mit Wasser (anfangs zur Hälfte) verdünnt und mit Milchzucker versetzt werden. Das Caseïn der Kuhmilch ist grobflockiger als das feinflockige der Frauenmilch, ersteres wird von den Verdauungssäften nur zu $^3/_4$ gelöst, während letzteres sich gut löst. — Bei etwas älteren Kindern kann man mit Nutzen die Kuhmilch mit Fleischbrühe verdünnen.

Milch darf nicht in Zinkgefässen wegen der Bildung des nachtheiligen milchsauren Zinkes aufbewahrt werden. — Für Kinder, welche keine Milch vertragen, hat Liebig besondere Suppen empfohlen, die aus Kuhmilch, Wasser, Weizenmehl, Malzmehl und doppeltkohlensaurem Natron bereitet werden. Die Stärke geht bei der Bereitung in Zucker und Dextrin über.

Praktische Milchproben.

Milchproben: Der Rahmgehalt wird gemessen, indem man Milch in einem hohen in 100 Theile getheilten Glasmesscylinder kühl 24 Stunden stehen lässt. Der sich oben sammelnde Rahm soll nicht unter 10 Volumenprocenten betragen. — Das specifische Gewicht (der Kuhmilch = 1008—1014) sowohl der abgerahmten, als auch der nicht abgerahmten Milch bestimmt man mit dem Aräometer unter Notirung der Temperatur. — Der Zuckergehalt kann sowohl in der Molke, als auch in der (mit Wasser verdünnten) ganzen Milch direct durch Fehling'sche Lösung titrirt werden (pag. 276), [doch entspricht hier 1 Ccmtr. dieser Lösung 0,0067 Gr. Milchzucker], oder man kann ihn in der Molke durch den Polarisationsapparat bestimmen. — Den Wassergehalt im Vergleich zu dem Reichthum an Milchkörperchen (Fett)

bestimmt man durch den Milchprober (den Diaphanometer von Donné, modificirt von Vogel, Hoppe-Seyler): ein Glasgefäss mit planplanen Wänden von 1 Cmtr. Durchmesser. Ein abgemessenes Quantum Milch wird hineingegeben und nun so viel Wasser (aus einem Messglase) zugesetzt, bis das dicht vor dem Apparat gehaltene Auge eine etwa 1 Meter hinter demselben brennende Kerzenflamme in ihren Umrissen (im dunklen Raume) deutlich sieht. Zu 1 Ccmtr. guter Kuhmilch gehören so 70—85 Ccmtr. Wasser.

In die Milch übergehende Stoffe.

In die Milch gehen über: zahlreiche duftende Pflanzenstoffe, wie Anis, Wermuth, Knoblauch u. A; ferner Opium, Indigo, Jod, Eisen, Zink, Quecksilber, Blei, Wismuth, Antimon. Bei Osteomalacie fand man den Kalkgehalt der Milch vermehrt (Gusserow).

Abnorme Beimengungen.

Abnorme Beimengungen sind: Hämoglobin, Gallenfarbstoffe, Mucin; Blutkörperchen, Eiter, Faserstoffgerinnsel. In entleerter Milch entwickeln sich zahlreiche Pilze und andere niedere Organismen, von denen Vibrio cyanogenëus und Byssus die selten vorkommende blaue Milch färben sollen (Fuchs, Bailleul). Nach Hoffmann und Fürstenberg ist jedoch Penicillium glaucum die Ursache. Die blaue Farbe ist Anilinblau aus Caseïn hervorgegangen (Erdmann). Blaue Milch ist ungesund (Durchfall erregend, Mosler).

Blaue Milch.

Condensirte Milch.

Milchpräparate: 1. Condensirte Milch: Auf je 1 Liter werden 80 Gr. Rohrzucker zugesetzt, hierauf wird die Milch auf $^1/_5$ eingedampft und in Blechbüchsen kochend heiss verlöthet (Lignac). Zum Gebrauch für Säuglinge wird 1 Theelöffel in 1 Schoppen kalten Wassers gelöst und dann aufgekocht.

Kumys.

2. Kumys bereiten die Tartaren aus Stuten- oder Kuhmilch. Nach Zusatz von fertigem Kumys und saurer Milch wird die Milch bei heftiger Rührbewegung in die alkoholische Gährung übergeführt, wobei der Milchzucker zuerst in Galactose und dann in Alkohol übergeht Er enthält 2—3% Alkohol. Auch in manchen Curorten wird jetzt dies Getränk bereitet.

Käse.

3. Käse wird bereitet, indem man entweder die abgerahmte (magere Käse) oder ganze (fette Käse) Milch durch Lab coagulirt, die Molken ablaufen lässt, und das Coagulum stark salzt. Nach längerer Zeit „reift" der Käse, indem das Caseïn (wahrscheinlich unter Bildung von Natronalbuminat) wieder in Wasser löslich wird; in manchen Käsen wird es weich zerfliesslich, wobei es den Charakter des Peptons annimmt. Bei weiterer Zersetzung bildet sich Leucin und Tyrosin. Der Fettgehalt des Käse vermehrt sich aus Caseïn, weiterhin zersetzen sich die Fette; die flüchtigen Fettsäuren geben den charakteristischen Geruch. Die Bildung von Pepton, Leucin, Tyrosin und die Fettzerlegung erinnert an die Verdauungsvorgänge.

234. Vogelei.

Auch die Eier müssen als ein vollkommenes Nahrungsmittel betrachtet werden, da aus ihnen sich der Organismus des jungen Vogels zu entwickeln vermag. — Der Dotter enthält als charakteristischen Eiweisskörper das Vitellin (s. unten), — ferner ein Albuminat der Hüllen der gelben Dotterkugeln, — Nucleïn aus dem weissen Dotter, — Fette im gelben Dotter (Palmitin, Oleïn), — Cholesterin, — viel Lecithin, und (als dessen Zersetzungsproduct) Glycerinphosphorsäure, — Traubenzucker, — Pigmente (Luteïn), darunter eins eisenhaltig und dem Hämoglobin nahestehend, — endlich Salze qualitativ wie im Blute, — quantitativ wie in den Blutkörperchen; — Gase. —

Bestände des Dotters.

Das Weisse.

Im Eierweiss findet sich das Eieralbumin (siehe unten) als Hauptbestandtheil, daneben kleine Mengen Palmitin und Oleïn, zum Theil mit Natrium verseift, — Traubenzucker, — Extractivstoffe, — endlich Salze, die qualitativ denen des Blutes, quantitativ denen des Serums gleichen; ausserdem finden sich Spuren von Fluor.

235. Das Fleisch.

Bestandtheile des Fleisches.

Das Fleisch enthält in der Form, wie es genossen wird, neben der eigentlichen Muskelsubstanz noch vielfältig mehr oder wenig Elemente des Fett-, Binde- und elastischen Gewebes beigemengt. Die folgenden Angaben beziehen sich auf das schiere, also möglichst von diesen Beständen befreite Fleisch. Der hauptsächlichste Eiweisskörper der contractilen Muskelsubstanz ist das Myosin (Kühne); daneben findet sich Serum-albumin in der Durchtränkungsflüssigkeit der Fasern, sowie in der Lymphe und dem Blute der Muskeln. Die Fette stammen grösstentheils aus intrafibrillären Fettzellen, ebenso das Lecithin und Cholesterin vorwiegend aus den Muskelnerven; — die leimgebende Substanz wird geliefert von den Bindegewebsfasern des Perimysiums, des Perineuriums, der Gefässwände und sehniger Theile. — Der in wechselnder Menge selbst in den Muskeln desselben Thieres (rothe Muskeln und weisse Muskeln) vorkommende rothe Farbstoff ist Hämoglobin (Kühne, Gscheidlen). — Elastin findet sich im Sarkolemma, dann im Neurilemma und den elastischen Fasern des Perimysiums und der Gefässwände; — das spärliche Keratin stammt aus den Endothelien der Gefässe. — Als die Producte der regressiven Metamorphose der eigentlichen Muskelsubstanz und auch in ihr in grösster Verbreitung vorkommend gelten Kreatin (Chevreul; 0,25% Perls), Kreatinin, die unconstant angetroffene Inosinsäure und Fleischmilchsäure, ferner (die auch sonst in Drüsen angetroffenen) Taurin, Sarkin, Xanthin, Harnsäure. — Ferner findet sich im Muskel Inosit (reichlich in Säufermuskeln), — Dextrin (beim Pferd und Kaninchen, nicht constant) (Sanson, Limpricht), — Traubenzucker (Meissner), doch wohl erst postmortal aus Glycogen (0,43%) (reich in fötalen Muskeln) entstanden (O. Nasse) — endlich flüchtige Fettsäuren. Unter den Salzen prävaliren Kaliverbindungen und Phosphorsäure (Braconnot; Magnesiumphosphat überwiegt über das Calciumphosphat.

Quantitative Analyse des Fleisches.

Quantitative Zusammensetzung des Fleisches nach Schlossberger und v. Bibra:

In 100 Theilen Fleisch ist enthalten:

	Ochs	Kalb	Reh	Schwein	Mensch	Huhn	Karpfen	Frosch
Wasser	77,50	78,20	74,63	78,30	74,45	77,30	79,78	80,43
Feste Stoffe	22,50	21,80	25,37	21,70	25,55	22,7	20,22	19,57
Lösliches Albumin } Farbstoff	2,20	2,60	1,94	2,40	1,93	3,0	2,35	1,86
Glutin	1,30	1,60	0,50	0,80	2,07	1,2	1,98	2,48
Alkohol-Extract	1,50	1,40	4,75	1,70	3,71	1,4	3,47	3,46
Fette	—	—	1,30	—	2,30	—	1,11	0,10
Unlösliches Eiweiss, Gefässe etc.	17,50	16,2	16,81	16,81	15,54	16,5	11,31	11,67

In 100 Theilen Asche ist weiterhin enthalten:

	Pferd	Ochs	Kalb	Schwein
Kali	**39,40**	**35,94**	**34,40**	**37,79**
Natron	4,86	—	2,35	4,02
Magnesia	3,88	3,31	1,45	4,81
Kalk	1,80	1.73	1,99	7,54
Kalium	—	5,36	—	—
Natrium	1,47		10,59	0,40
Chlor		4,86		0,62
Eisenoxyd	1,0	0,98	0,27	0,35
Phosphorsäure	**46,74**	**34,36**	**48,13**	**44,47**
Schwefelsäure	0,30	3,37	—	—
Kieselsäure	—	2,07	0,81	—
Kohlensäure	—	8,02	—	—

Fette im Fleische.

Der Fettgehalt des Fleisches ist sehr wechselnd je nach dem Mästungszustande des Thieres; er betrug im Fleische (nachdem das sichtbare Fett wegpräparirt war) in 100 Theilen vom Menschen 7—15; Ochs 11—22; Kalb 10,4; Schaf 3,9; wilde Gans 8,8; Huhn 2—5%.

Extractivstoffe im Fleische.

Die Menge der Extractivstoffe ist im Fleische derjenigen Thiere am reichlichsten, welche sehr energische Muskelthätigkeit haben, daher namentlich beim Wilde. Nach starken Muskelanstrengungen vermehrt sich das Extract, zugleich bildet sich Fleischmilchsäure, wodurch das Fleisch mürber und wohlschmeckender wird. Unter den Extractivstoffen befinden sich theils solche, welche anregend auf das Nervensystem wirken, wie das Kreatin, Kreatinin etc., theils solche, welche dem Fleische den angenehmen charakteristischen Geschmack verleihen („Osmazom"). Letzterer rührt zum Theil auch von den verschiedenen Fetten des Fleisches her und tritt mitunter erst bei der Bereitung deutlicher hervor. In 100 Theilen Fleisch finden sich Extractivstoffe: Beim Menschen und der Taube 3, Reh, Ente 4, Schwalbe 7%.

Zubereitung des Fleisches.

Fleischzubereitung und Fleischpräparate. Ganz allgemein gilt, dass das Fleisch jüngerer Thiere wegen der noch geringeren Festigkeit des Sarkolemmas, der bindegewebigen und elastischen Bestandtheile der Fleischstücke zarter und leichter verdaulich ist, als das der älteren; ferner ist das Fleisch nach längerem Hängenlassen mürber, weil hierbei der Inosit in Fleischmilchsäure und ferner das Glycogen des Fleisches in Zucker und letzterer in Milchsäure übergeht, durch welche die Elemente des Fleisches einer Art Maceration unterworfen werden. Das Fleisch ist weiterhin stets in fein geschabtem Zustande den Verdauungssäften zugänglicher als in grösseren Stücken; und endlich sei bemerkt, dass das zweckmässig (!) gekochte, gedämpfte, gebratene oder geröstete Fleisch verdaulicher ist, als das rohe. Bei der Zubereitung darf die Hitze nicht zu intensiv und zu anhaltend wirken, weil hierdurch die Fleischfasern hart werden und stark einschrumpfen. Dahingegen sind diejenigen Fleischstücke, welche bis gegen 60—70° erhitzt waren (wie die noch rosig scheinenden [nicht aber blutigen!] Stücke aus der Mitte grösserer Braten) am verdaulichsten, da dieser Temperaturgrad bereits genügt, das Bindegewebe mit Hilfe der Säure des Fleisches in Leim überzuführen. So lockert sich das Fleisch und die einzelnen Fasern werden im Magen leicht isolirt. Zur Erzielung eines guten, leicht verdaulichen Fleisches nehme man daher womöglich ein grösseres würfelförmiges Stück und lasse auf dessen Oberfläche (durch Braten in Fett, oder Eintauchen in bereits siedendes Wasser) plötzliche intensive Hitze wirken. Hiedurch bildet sich auf der Oberfläche eine feste geronnene Fleischschicht, die den Fleischsaft aus der Mitte nicht mehr austreten lässt. Die röthlichen saftreichen Theile aus der Mitte so bereiteter Fleischstücke sind die nahrhaftesten und leicht verdaulichsten (Liebig); die harte und stark geschrumpfte Rinde desselben wiedersteht jedoch den Verdauungssäften länger.

Fleischsuppe. Fleischsuppe wird am zweckmässigsten so bereitet, dass man das völlig zerhackte Fleisch Stunden lang zuvor mit kaltem Wasser stehen lässt und nun aufkocht. Liebig fand, dass so aus 100 Theilen gehackten Ochsenfleisches in das kalte Wasser nur 6 Theile übergehen. Von diesen werden beim Kochen 2,95 als coagulirtes Albumin wieder niedergeschlagen und meist durch das „Abschäumen" weggeworfen; nur 3,05 Theile bleiben gelöst! Von 100 Theilen Hühnerfleisch wurden 8 Theile extrahirt, hiervon 4,7 coagulirt, und 3,3 in der Suppe gelöst. [Durch sehr langes Kochen kann ein Theil des coagulirten Eiweisses wieder in Lösung gehen (Mulder).] Diese gelösten Substanzen sind: 1. Anorganische Salze des Fleisches (von denen 82,27% in die Suppe übergehen; in dem ausgekochten Fleische bleiben hauptsächlich nur die phosphorsauren Erden zurück). 2. Kreatin, Kreatinin, die milchsauren und inosinsauren Salze (welche der Fleischsuppe das Anregende und Nervenstärkende verleihen), ferner geringe Menge wohlschmeckender Extractivstoffe. 3. Leim, reicher aus dem Fleische jüngerer Thiere extrahirt. — Den mitgetheilten Thatsachen und Zahlen entsprechend ist die Fleischbrühe daher eigentlich nur als ein, allerdings hoch schätzenswerthes, anregendes Präparat, nicht aber als ein Nahrungsmittel im gewöhnlichen Sinne des Wortes zu betrachten. Aus grösseren in der Suppe gekochten Fleischstücken gehen noch weniger Bestandtheile in die Brühe über. Derartig „ausgekochtes" Fleisch besitzt (sofern es nicht durch zu anhaltendes Sieden stark geschrumpft und schwer verdaulich gemacht ist) demnach noch einen hohen (in Laienkreisen allgemein unterschätzten) Nahrungswerth. Dahingegen ist die Bereitung von Fleischsuppen im Haushalte ein wahrer Luxus; ihre sogenannte „Kraft" im Sinne des Laien ist eine reine Illusion.

Extractum carnis Liebig. Liebig's Fleischextract ist eine auf Extract-Consistsnz in weiten Schalen im Wasserbade eingedampfte fett- und leimfreie, aus feinzerhacktem Ochsen- oder Schaffleisch (in den fleischreichen Gegenden Südamerikas und Australiens) bereitete Fleischsuppe. Durch Auflösen in Wasser kann daher aus ihm leicht (eine billige!) Fleischbrühe erhalten werden: 1 Theelöffel voll entspricht einem Pfunde Ochsenfleisch. Durch Aufkochen der Lösung mit Knochen (Leim), etwas Rindsfett, Suppenkräutern und Zusatz von Salz gewinnt man ein die frische Brühe völlig ersetzendes Getränk. — [Die im Handel vorkommenden sogenannten „Bouillontafeln" bestehen fast ganz aus getrocknetem Leim, der aus gekochten Knochen (im Papin'schen Topfe unter hohem Drucke) zu etwa 28% gewonnen wird. Für sich allein können sie, im heissen Wasser gelöst, die Fleischbrühe natürlich nicht ersetzen, können aber zugleich mit Liebig'schem Fleischextract gute Verwendung finden.] — Durch Kochen verliert (hauptsächlich durch Wasserverlust) das Fleisch an Gewicht: vom Ochsen 15, Hammel 10, Huhn $13^1/_2$%; — durch Braten dieselben Fleischsorten: 19, — 24, — 24%.

Bouillontafeln.

Infusum carnis frigide paratum. Liebig's Infusum carnis frigide paratum wird so bereitet, dass man fein zerhacktes Fleisch in 1 pro mille Salzsäure (3 Ccmtr. rauchende Salzsäure auf 1000 Ccmtr. Wasser) aufschwemmt, oft umrührt und nach Stunden auspresst. Das ausser an den Bestandtheilen der Brühe zugleich eiweissreiche, jedoch sehr mässig schmeckende Fluidum wird bei Verdauungsschwäche oft nützlich sein. (Durch Kochsalzzusatz oder Kochen wird jedoch Eiweiss daraus gefällt.) — Leube und J. Rosenthal liessen ein derartiges Fleisch-Salzsäure-Gemisch in luftdicht verschlossenen Gefässen unter hohem Druck erhitzt in einen peptonartigen Zustand übergehen: die so gewonnene „Fleischsolution" wird bei Magenschwachen mit Vortheil verwendet.

Fleischlösung.

Fleischconserven. Von sonstigen Conservirungsmethoden sind noch zu nennen: das Einlöthen des in seinem eigenen Safte bei 100° gedämpften Fleisches; — das Trocknen des fettfreien, in lange dünne Streifen geschnittenen Fleisches (Pemmikan der Indianer). — Durch das Pöckeln wird dem Fleische viel Wasser, aber zugleich auch ein grosser Bestandtheil der Salze, der Extractivstoffe und lösliches Eiweiss entzogen. Schweinefleisch verlor von 37,79% seiner Asche an Kali bis auf 5,30%, die Phosphorsäure sank von 44,47 auf 4,71%. Andere Fleischsorten verlieren weniger. — Die Anwendung des „Räucherns" beruht auf der antiseptischen Wirkung des Rauches.

Fleisch-verderbniss. Beachtenswerth für den Arzt sind schlechte Beschaffenheit und Verderbniss des Fleisches. Fauliges Fleisch (am besten durch die Nase erkannt) sollte stets vermieden werden, wenngleich es auch (wie die Beliebtheit des haut goût zeigt) oft genug ungestraft verzehrt wird. Mindestens sollte es stets vor dem Genusse durch und durch der Siedhitze ausgesetzt werden. In Würsten und ähnlichen Fleischwaaren erzeugt zuweilen die Fäulniss ein eigenthümlich, selbst tödtlich wirkendes Gift, „das Wurstgift". Mitunter erzeugt die Zersetzung am Fleische, namentlich auch an Fischen, ein eigenthümliches, lebhaftes phosphorescirendes Leuchten, das auf der Entwickelung niederer Organismen beruhen muss; doch scheint der Genuss derartigen Fleisches nicht direct schädlich zu sein. — *Parasiten.* Sehr wichtig ist die Erkenntniss des Vorkommens von Trichina spiralis im Schweinefleisch; ferner der bohnengrossen Finnen im Fleische des Schweines und des Rindes. Erstere sind die Vorstufen der Taenia solium, letztere der T. mediocanellata, die nach dem Genusse rohen Fleisches zu Bandwürmern sich im Darme entwickeln.

236. Pflanzliche Nahrungsmittel.

Das Getreide. Unter den pflanzlichen Nahrungsmitteln steht das Getreide obenan: es enthält Albuminate, Amylum und Salze, dazu Wasser etwa 14%. Der N-haltige Kleber findet sich am reichlichsten unter der Hülle (Payen), daher die Verwendung der Kleie im groben Brode (für gute Verdauungsorgane) durchaus rationell ist. Für die quantitative Zusammensetzung ist beachtenswerth:

100 Theile trockenes Mehl enthalten			100 Theile Getreideasche enthalten		
von	Albuminate	Amylum	rother Waizen		weisser Waizen
Waizen . . .	16,52%	56,25%	**27,87**	**Kali**	**33,84**
Roggen . . .	11,92	60,91	15,75	Natron	—
Gerste . . .	17,70	38,31	1,93	Kalk	3,09
Mais	13,65	77,74	9,60	Magnesia	13,54
Reis	7,40	86,21	1,36	Eisenoxyd	0,31
Buchwaizen .	6,8—10,5	65,05	**49,36**	**Phosphorsäure**	**49,21**
			0,15	Kieselerde	—
			(Will, Fresenius)		

Merkwürdig ist es, dass in dem weissen Waizen das Natron fehlt und durch andere Alkalien ersetzt wird. — Der Roggen enthält mehr Cellulose und Dextrin als der Waizen, aber weniger Zucker; das Roggenbrod ist meist weniger porös. — Gerste und Hafer werden viel als „Grütze" verwendet; im Norden auch dem Brode beigemengt.

Brod-bereitung. Zur Brodbereitung wird das Mehl mit Wasser zu einem steifen Teig (in dem der Kleber als Bindemittel wirkt) geknetet, dem Salz und namentlich zugleich Hefe (Saccharomyces cerevisiae) zugesetzt ist. In der Wärme stehend beginnen die Albuminate des Mehles sich zu zersetzen und wirken als Fermente auf das gequollene Amylum, welches theilweise in Zucker übergeführt wird. Der Zucker erfährt weiterhin eine Zerlegung in CO_2 und Alkohol, von denen die erstere, in dem steifen Teige Blasen bildend, denselben schwammig lockert. Durch das Backen (200°) wird der Alkohol vertrieben, der Teig wird gahr; in der Rinde entsteht viel leicht-lösliches Dextrin. — Zur Bereitung von saurem Brod wird statt Hefe alter Sauerteig zugesetzt (in welchem der Zucker zum Theil die Milchsäuregährung durchgemacht hat), wodurch neben der alkoholischen noch die Milchsäure-Gährung des Traubenzuckers im Teige erregt wird. Da durch die Ueberführung von Amylum in Zucker, dann in CO_2 und Alkohol, (welche schliesslich entweichen), Material direct verloren geht (man denke an den enormen

Verlust bei der Brodbereitung ganzer Länder!), so hat man auch dem Teige kohlensaures Ammon (Hirschhornsalz) zugesetzt, welches beim Backen unter Lockerung des Teiges entweicht. Liebig schlägt die Verwendung von Natronbicarbonat nebst Salzsäure zu gleichem Zwecke vor; dann braucht wegen der Entstehung von Kochsalz der Teig nicht gesalzen zu werden. Verwendung findet auch das Horsford'sche Backpulver: Calciumphosphat und Natriumbicarbonat, das im Teige die lockernde CO_2 entweichen lässt, und bei dem noch dem Körper die Phosphorsäure zu Gute kommt.

Die Leguminosen. Die Hülsenfrüchte enthalten viel Eiweiss: das Pflanzencaseïn (Legumin); daneben Stärke, Lecithin und Cholesterin neben 9—19% Wasser. Erbsen enthalten 28,02 Albuminate und 38,81 Amylum; Bohnen 28,54 und 37,50; Linsen 29,31 und 40; letztere sind reicher an Cellulose. Wegen Mangels an Kleber lässt sich aus ihnen kein Teig, also auch kein Brod bereiten. Gekocht, geht ihr Stärkemehl in Kleister über. Wegen ihres grossen Reichthumes an Albuminaten gebührt ihnen als Volksnahrungsmittel die grösste Beachtung. Leguminosenmehl mit Cerealienmehl gemischt in verschiedenen Verhältnissen (z. B. als Hartenstein's Leguminose) kann mit Vortheil zur Ernährung verabreicht werden für Kinder und Schwache.

Kartoffeln. Die Kartoffeln enthalten 70—81% Wasser. In dem (frisch durch Phosphor-, Aepfel- und Salzsäure sauer reagirenden) saftreichen Zellgewebe liegen 16—23% Stärke, — 2,5% gelöstes Eiweiss, eine Spur Asparagin. Die Zellhüllen werden durch Kochen quellend, durch verdünnte Säuren in Zucker und Gummi verwandelt; (in den Keimen findet sich das giftige Solanin). In 100 Theilen Kartoffelasche fand Way: 46,96 Kali, — 2,41 Kochsalz, — 8,11 Chlorkalium, — 13,58 Magnesia, — 3,35 Kalk, — 11,91 Phosphorsäure, — (6,50 Schwefelsäure aus verbrannten Albuminaten stammend), —7,17 Kieselerde.

Obst. Das Obst hat als vorwiegendste Nahrungsbestände den Zucker und die Salze; die organischen Säuren geben den charakteristischen Geschmack; die gelatinirende Substanz der Fruchtgelées ist das lösliche sog. Pectin (C_{32} H_{48} O_{32}), welches auch künstlich durch Kochen aus der schwerlöslichen Pectose unreifer Früchte und aus Möhren gewonnen werden kann. Die grünen Gemüse sind besonders reich an Salzen, die den Blutsalzen gleichen (z. B. trockener Salat enthält 23% Salze). Weniger wichtig in ihnen sind Stärke, Zellstoff, Dextrin Zucker und die geringe Menge Eiweiss.

237. Die Genussmittel:

Kaffee, Thee, Chocolade, — die alkoholischen Getränke, — Gewürze.

Charakter der Genussmittel Unter Genussmitteln versteht man seit v. Bibra solche Nahrungsstoffe, welche weniger ihrer direct nährenden Eigenschaften, als vielmehr ihrer angenehmen Einwirkung und Anregung wegen aufgenommen werden, die dieselben theils auf das Geschmacksorgan, theils auch auf das Nervensystem entfalten.

Kaffee, Thee, Chokolade Die drei ersteren werden als Infuse oder Abkochungen der bekannten Pflanzenproducte bereitet. Sie enthalten als wirksame Bestandtheile

enthalten anregende Alkaloide. das **Coffeïn** sive **Theïn** ($C_8H_{10}N_4O_2 + H_2O$), beziehungsweise das nahestehende **Theobromin** ($C_7H_8N_4O_2$), welche den Alkaloiden oder Pflanzenbasen zugerechnet werden. Diese (und in vielen anderen Pflanzen ähnliche) „**Alkaloide**", finden sich in den Pflanzen bereits fertig vor; ihr Verhalten ist dem des Ammoniaks ähnlich: sie reagiren alkalisch und geben mit Säuren krystallisirte, gut charakterisirte Salze. Alle diese Pflanzenbasen wirken auf das Nervensystem: zum Theil schwächer (wie die vorliegenden), oder stärker anregend (z. B. Chinin), zum Theil heftig reizend bis lähmend als die gefürchtetsten Gifte (Morphin, Atropin, Strychnin, Curarin, Nicotin, Muscarin etc).

Die Alkaloide des Kaffees, Thees und der Chocolade geben den als Volksgetränken allgemein verbreiteten Abkochungen die angenehm anregende Wirkung auf das Nervensystem: so erfrischen sie den Geist, beleben die Bewegungen und befähigen zu grösseren Leistungen. In dieser Beziehung stehen sie den anregenden Extractivstoffen (Kreatin, Kreatinin) der Fleischbrühe nahe. Der Kaffee enthält etwa $\frac{1}{3}\%$ Coffeïn, welches theilweise erst beim Rösten frei wird. Der Thee hat 6% Theïn; ferner der grüne 1% ätherisches Oel, der schwarze $\frac{1}{2}\%$; im grünen ist 18%, im schwarzen 15% Tannin; der grüne liefert im Ganzen bis gegen 46%, der schwarze kaum 30% Extract.

Salze derselben. Ausserdem sind die **anorganischen Stoffe** dieser Getränke zu berücksichtigen: Im **Thee** sind $3{,}03\%$ Salze, darunter reichlich lösliche Eisen- und Mangan-Verbindungen (wichtig für die Hämoglobinbildung!), ausserdem Natronsalze. — Im **Kaffee**, welcher $3{,}41\%$ Asche liefert, ist das Kali überwiegend: in allen dreien Getränken aber sind auch die übrigen im Blute vorkommenden anorganischen Stoffe in passender Weise vorhanden.

Alkoholische Getränke. Die **alkoholischen** Getränke verdanken vor Allem dem darin enthaltenen Alkohol ihre Wirkung. Ueber die letztere ist Folgendes zu bemerken: — *als Wärmequelle,* 1. Der Alkohol wird im Körper vorzugsweise zu CO_2 und H_2O oxydirt: er ist somit als eine Quelle der Wärme zu bezeichnen. *als Verminderer des Stoffwechsels.* Da er sehr leicht dieser Verbrennung im Körper einheimfällt, so kann sein Genuss bis zu einem gewissen Grade den Verbrauch der eigenen Körperbestandtheile, etwa in Zuständen vorübergehenden Nahrungsmangels, vermindern. Nur ein geringer Theil des genossenen Alkohols geht in den Harn über; der Geruch des Athems rührt nicht vom Alkohol, sondern von anderen flüchtigen Stoffen des alkoholischen Trankes (Fuselöl u. A.) her. — *Anregende Wirkung.* 2. Der Alkohol wirkt in geringerer Menge anregend, in grösserer Menge durch Ueberreizung lähmend auf das Nervensystem. Durch diese Anregung vermag er daher den Körper vorübergehend zu grösserer Leistungsfähigkeit anzuspornen, — allerdings stets auf Kosten einer später eintretenden Erschlaffung. — 3. Er benimmt das Gefühl des Hungers. — 4. Er erregt das Gefässsystem, beschleunigt somit die Circulation, wodurch Muskeln und Nerven durch schnellere Bluterneuerung leistungsfähiger werden. Auch erzeugt er so ein subjectives Wärmegefühl. In grösseren Gaben lähmt er jedoch durch Ueberreizung die Gefässe, die sich dann, wie auf der äusseren Haut, paralytisch erweitern. Hierdurch findet grössere Wärmeabgabe

durch die Haut statt (pg. 398, 414). In gleicher Weise wird dann auch die Herzthätigkeit durch Erregung kleiner, schwacher, beschleunigter Schläge herabgesetzt.

Würdigung des Alkoholgenusses.

Aus dem Gesagten ergibt sich, dass der Alkohol, in geringen Mengen genossen, in Zuständen vorübergehender Entbehrung und des Nahrungsmangels, in denen überdies noch das Ueberstehen von Strapazen und eine ungewöhnliche Leistungsfähigkeit gefordert wird, von unschätzbarer Wirkung sein kann.

Allein gewohnheitsmässig und noch dazu in grösseren Mengen genommen, zerrüttet er durch Ueberreizung das Nervenleben, und untergräbt die Geistes- und Körperkräfte, theils durch seine dauernd auf das Nervensystem wirkenden giftigen Eigenschaften, theils durch seine directen, in den Verdauungsorganen schädliche Katarrhe und Entzündungen hervorrufenden Einwirkungen, theils endlich durch Störung und Beeinträchtigung des normalen gesammten Stoffwechsels. So ist er ein unheilvoller Dämon, der im Vereine mit der Syphilis ganze Völkerstämme von dem Angesicht der Erde vernichtet hat.

Bereitung der alkoholischen Getränke. Wirkung der Hefe. Vitalistische Theorie der Gährung.

Die alkoholischen Getränke werden durch Gährung des aus verschiedenen Kohlehydraten (namentlich Stärke) gewonnenen Zuckers bereitet. Die weingeistige Gährung wird bewirkt durch den Lebensprocess des Hefepilzes Saccharomyces cerevisiae s. Mipsoideus, welcher, indem er zu seiner Bildung und Vermehrung aus dem zuckerhaltigen Gemische die nothwendigen Lebensstoffe (Kohlehydrate, Albuminate und von den Salzen vornehmlich phosphorsauren Kalk und Kali, und schwefelsaure Bittererde), direct entnimmt, einen Zerfall desselben (pag. 276) zu Alkohol und CO_2 neben etwas Glycerin (3,2—3,6%) und Bernsteinsäure (0,6—0,7% bewirkt. Die Hefe wird entweder direct zugesetzt, oder es gelangen die überall in der Luft schwebenden Keime (Sporen) derselben in das offen stehende Gemisch. Vollkommener Abschluss der Hefezellen oder Tödtung derselben, etwa durch Kochen des Zuckersaftes in zugeschmolzenen Gefässen, lässt also die Gährung nicht entstehen. So ist also die weingeistige Gährung die Folge einer vitalen Thätigkeit eines niederen Organismus (Schwann, Pasteur). — Dieser Darstellung hat J. v. Liebig eine andere Gährungshypothese gegenüber gestellt: „Die in den Gährungsprocessen vor sich gehenden Umwandlungen und Zersetzungen werden durch eine Materie bewirkt, deren kleinste Theilchen sich in einem Zustande der Umsetzung und Bewegung befinden, die sich andern nebenliegenden ruhenden Moleculen mittheilt, so dass auch in diesen, in Folge der eingetretenen Störung des Gleichgewichtes der chemischen Anziehung, die Elemente und Atome ihre Lage ändern und sich zu einer oder mehreren neuen Gruppen ordnen." Hiernach wäre die Gährung als eine Contactwirkung des in Zerfall begriffenen Gährungs-„Fermentes" zu betrachten. Doch hat diese Auffassung wenig Wahrscheinliches.

Contact-Theorie der Gährung.

Bereitung des Branntweines.

Bei der Branntweinbereitung wird die Stärke der Getreidekörner oder Kartoffeln zuerst durch Diastase (oder das Maltin) in Zucker verwandelt. Nachdem durch Zusatz von Hefe die Gährung bewirkt ist, wird im Destillirapparat der Alkohol (neben Fuselöl und etwas Wasser) bei 78,3° C. überdestillirt. Durch Leitung der übergehenden Dämpfe durch geglühte Kohle wird das Fuselöl zurückbehalten von der Kohle. Das entfuselte Destillat enthält 50 bis 55% Alkohol.

Es kann natürlich auch aus direct zuckerhaltigen Flüssigkeiten durch Hefe weingeistige Gährung bewirkt und sodann die Alkoholbereitung ausgeführt werden: (Rum aus Zuckerrohr, Tresterbranntwein aus Weintrestern, Zwetschenbranntwein aus Pflaumen u. s. w.). — Endlich gibt auch Destillirung schwächerer alkoholischer Substanzen stärkere Branntweine (Cognac durch Destillation von Wein; Hefenbranntwein durch Destillation der Weinhefe).

Wein-bereitung. Bei der Weinbereitung nimmt der zuckerreiche ausgepresste Traubensaft (Most) an der Luft stehend Hefezellen in sich auf und gelangt bei 10 bis 15° C. in eine 10—14 Tage dauernde Gährung, bei der sich die Hefezellen zu Boden senken (Untergährung). Der geklärte, auf Fässer gezogene Wein macht noch eine leichte Nachgährung durch, bis der Zucker in Alkohol und CO_2 zersetzt ist. Es scheidet sich hierbei etwas Hefe und Weinstein ab. Wird nicht aller Zucker zersetzt (was der Fall ist, wenn nicht hinreichend viel N-haltige Substanz zur Ernährung der Hefe vorhanden ist), so erhält man süssen Wein. Durchschnittlich hat der Wein 89—90% Wasser, 7—8% Alkohol (neben Aethyl- auch Propyl- und Butyl-Alkohol). Die rothe Farbe der Rothweine wird bei der Gährung aus den Schalen extrahirt; werden vor der Gährung die Schalen entfernt, so liefern rothe Trauben weissen Wein.

Beim Lagern des Weines bildet sich der feine Geschmack (Blume, Bouquet) aus. Oenanthäther soll den charakteristischen Weingeruch bewirken. Das Werthvolle des Weines machen die noch unbekannten anregenden flüchtigen Substanzen aus, die jedem Weine ihren eigenartigen Charakter verleihen. Von grosser Wichtigkeit sind ferner die Salze, welche den Blutsalzen in ihrer Zusammensetzung gleichen.

Bier-bereitung. Zum Behufe der Bierbereitung lässt man in Wasser gequollene Gerste (Waizen bei Weissbierbereitung) keimen, wobei die sich bildende Diastase unter Temperaturerhöhung das Amylum (68% in der Gerste) in Zucker überführt (Malzen). Nun werden die gekeimten Körner im geheizten Raume getrocknet bis zur Gelb- oder Braunfärbung, dann zermahlen (Schroten), und mit heissem Wasser (70—75°) (auch durch theilweise Decoction) wird aus ihnen ein Extract (die Würze) bereitet. Unter Zusatz von Hopfen wird die Würze durch Einkochen concentrirt, wobei die Albuminate coagulirt werden. Der Hopfen, die weibliche Samentraube von Humulus lupulus enthält die leicht abfallenden Drüschen: das Hopfenmehl oder Lupulin, Hopfenharz (52%), — ein ätherisches Oel (1%), — die Hopfenbittersäure oder Lupulit (8—12%) neben Gerbsäure und Salzen. Er macht das Bier schmackhaft und haltbar, seine Gerbsäure fällt das noch vorhandene Amylum und wirkt so klärend. Die Abkochung wird schnell gekühlt (12° C.); dann lässt man nach Hefezusatz schnell gähren (stürmisch bei 14°, wobei die Hefe nach oben getrieben wird: Obergährung; — weniger intensiv unter 10°, wobei die Hefe zu Boden sinkt: Untergährung). Weiterhin vollzieht sich noch nach vollendeter Hauptgährung im Lagerfass eine leichte Nachgährung. Das Bier enthält bei 75—95% Wasser: Alkohol (2—5%) [Porter und Ale bis 8%], CO_2 (0,1—0,8%), Zucker (2—8%), Gummi, Dextrin (2—10%), die Hopfenbestandtheile, etwas Ueberrest von Proteïnsubstanzen (Kleber), Fett, Milchsäure, Ammoniakverbindungen, die Salze der Gerste und des Hopfens.

In der Asche ist der enorme Gehalt an den für die Blutbildung so wichtigen Phosphorsäure und Kali beachtenswerth. In 100 Theilen Asche findet sich Kali 40,8, Phosphor 20,0, phosphorsaure Magnesia 20, phosphorsaurer Kalk 2,6, Kieselerde 16,6%. Dem Reichthum an Phosphorsäure und Kali verdankt das Bier seine günstige Wirkung auf die Bildung von Blut, Muskeln und anderen Geweben (Wohlbeleibtheit der Biertrinker); — sein Kaligehalt wirkt nach starkem Genuss ermüdend.

Die Gewürze. Die Gewürze werden nicht des Nahrungswerthes wegen genossen, sondern theils wegen ihres Geschmackes, theils wegen ihrer Reizung, die sie auf die Verdauungsorgane zur lebhafteren Thätigkeit derselben entfalten. In gewissem Sinne muss auch das Kochsalz als Gewürz betrachtet werden, welches auch jetzt noch nur einigen wilden Völkerstämmen versagt zu sein scheint (Aehnliches schon von Homer berichtet). Auch gewisse noch unbekannte, lebhaft auf das Geschmacksorgan wirkende Stoffe, welche erst durch die Zubereitung mancher Speisen entstehen, wie in der Kruste der Braten und in der Rinde des Gebäckes, können den Gewürzen zugezählt werden.

Erscheinungen und Gesetze des Stoffwechsels.

238. Gleichgewicht des Stoffwechsels.

Begriff des Stoffwechsel-Gleichgewichtes.

Wir verstehen unter dem Gleichgewicht des Stoffwechsels jenen normalen physiologischen Zustand des Leibes, in welchem gerade so viel Material für die Erhaltung und den Aufbau des Organismus aus den verdauten Nahrungsmitteln aufgenommen und assimilirt wird, als durch die Excretions-Organe in den Auswurfsstoffen oder Endproducten der regressiven Stoffmetamorphose aus dem Körper entfernt wird. Stets muss die Einnahme mit der Ausgabe balanciren: überall wo ein Gewebsverbrauch statthat, muss Gewebsanbildung diese Abnutzung ersetzen. — So lange sich der Körper in der Periode des Wachsthums befindet, muss der Körperzunahme entsprechend ein gewisses Plus an Anbildung überwiegen; hierbei zeigen die neuzuwachsenden Körperbestände sogar einen 2,5 bis 6,3 mal stärkeren Stoffwechsel als die bereits gebildet vorhandenen Körpertheile (Crusius). — Umgekehrt wird in den Jahren der senilen Schwächung des Organismus ein gewisses Ueberwiegen der Ausgaben aus dem Körper zu den normalen Erscheinungen zu rechnen sein.

Methode der Untersuchung.

Das normale Gleichgewicht des Stoffwechsels im Organismus wird dadurch erkannt, dass man 1) chemisch feststellt, dass die Summe aller vom Körper geleisteten stofflichen Ausgaben der Summe der dargebotenen Einnahmen (in der Nahrung) innerhalb eines gewissen Versuchszeitraumes gleichbleibt. In dieser Beziehung muss der Gehalt der Nahrung an C, — N, — H, — O, — Salzen neben dem Wasser der Nahrungsmittel und dem O der eingeathmeten Luft gleich sein dem C, N, H, O, den Salzen und dem Wasser in den Ausscheidungen (Harn, Koth, Exspirationsluft, Wasserverdunstung) des Organismus. — 2) Das physiologische Gleichgewicht des Stoffwechsels wird ferner rein empirisch daran erkannt, dass bei einer gewählten passenden Nahrung der Körper bei gewöhnlicher Leistung sein normales Gewicht zu erhalten vermag. So gibt gerade dies einfache Mittel der Wägung dem Arzte die Möglichkeit, sich über das Verhalten des Stoffwechsels seiner Kranken oder Reconvalescenten mit Sicherheit schnell zu orientiren.

Der mühsame Weg des elementaren Nachweises des Stoffwechsels ist namentlich von den Münchener Forschern Bischoff, Voit, v. Pettenkofer u. A. mit Erfolg betreten worden. Es ergab sich bald, dass unter allen Elementen dem Kreislaufe des C und des N durch den Körper hindurch die grösste Wichtigkeit beizumessen sei. Der sämmtliche in der Nahrung aufgenommene Betrag an C muss bei völligem Gleichgewichte des Stoffwechsels dem C in der CO_2 der ausgeathmeten Luft (90%) gleichkommen, wozu noch der relativ geringe Betrag an C in den organischen Auswurfstoffen des Harnes und des Kothes hinzuzuzählen ist (10%). Zur exacten Bestimmung der CO_2 in der ausgeathmeten Luft bedienten sich die Münchener Forscher des v. Pettenkofer'schen Respirationsapparates (pg. 238). In Bezug auf den N ergab sich, dass fast aller N der aufgenommenen Nahrungsmittel innerhalb 24 Stunden wiederum im Harnstoffe zur Ausscheidung gelangt. (Natürlich ist auch hier der N-Gehalt des Kothes in Anschlag zu bringen.) Die übrigen N-haltigen Harnbestandtheile (Harnsäure, Kreatin u. A.) liefern nur 2% der N-Ausscheidung. Etwas N verlässt ferner noch in der ausgeathmeten Luft (pg. 241) den Organismus; auch etwas durch abgestossene Epidermoidalgebilde und den Schweiss. Dieser Annahme gegenüber, dass somit fast aller in der Nahrung genommene N im Harne und

Kothe wieder zur Ausscheidung gelange, wie sie von Voit für den Fleischfresser, für die Wiederkäuer von Henneberg, Stohmann und Grouven und für den Menschen von Ranke festgestellt ist, haben theils ältere, theils neuere Beobachter (Barral, Boussingault, Bischoff und Seegen) die Angabe geltend gemacht, dass in den genannten Excreten nicht die ganze Menge des N wiedergefunden werde, dass vielmehr ein nicht ganz unerhebliches Deficit bestehe, ohne dass es jedoch bis jetzt gelungen wäre, die Ausfuhrquelle dieses letzteren mit Sicherheit zu ermitteln.

N-Deficit.

Der H verlässt vornehmlich zu Wasser verbrannt den Körper; einiger natürlich auch in den organischen Auswurfsstoffen gebunden. — Der O kommt überwiegend in der CO_2 und im Wasser zum Vorschein; etwas verlässt in den Auswurfsstoffen den Körper. — Das Wasser wird durch den Harn, Koth, durch die Lungen- und Hautverdunstung abgegeben. Da H zu H_2O verbrannt wird, so ist die Masse des abgegebenen Wassers natürlich grösser, als die des aufgenommenen. — Die Salze vertheilen sich so, dass die meisten leichtlöslichen durch den Harn, wenige namentlich Kalisalze und schwer lösliche Salze durch den Koth, einige z. B. Kochsalz durch den Schweiss austreten. — Der Schwefel vornehmlich der Eiweisskost wird etwa zur Hälfte in schwefelsauren Verbindungen in dem Harn, zur andern Hälfte in dem Koth (Taurin) oder in den Epidermoidalgebilden ausgeschieden.

Minimal- und Maximalgrenze der Stoffbilanz.

Für jeden Körper gibt es seinem Gewichte und seinen Leistungen entsprechend eine Minimal- und eine Maximal-Grenze der Stoffwechselbilanz: geringere Verabreichung von Nährstoffen, als zur ersteren nothwendig sind, bewirkt Abnahme des Körpergewichtes; dagegen werden die über das Nöthige verabreichten Stoffe, nach Ueberschreitung der Maximalgrenze, unresorbirt als überflüssiger Ballast mit den Faeces entleert. Je mehr bei reichlicher Zufuhr der Körper an Gewicht zunimmt, um so höher steigt natürlich stetig die Minimalgrenze; — bei starker Mästung muss daher die nothwendige Stoffaufnahme unverhältnissmässig viel grösser sein, als bei Mageren, um gleichen Stoffansatz im Körper zn bewirken. Bei stets steigender Mästung tritt natürlich endlich ein Zustand ein, in welchem die Verdauungsorgane nur noch für die Erhaltung, nicht aber mehr für neuen Ansatz Ausreichendes verarbeiten können (Bischoff, Voit, v. Pettenkofer).

Mit dem Namen Luxusconsumption hat man früher wohl die directe Verbrennung überflüssig aufgenommener Nährstoffe im Blute bezeichnet. Eine solche existirt jedoch nicht, vielmehr findet das reichlich in die Säfte Aufgenommene wohl stets eine Verwendung zur Anbildung. In den Geweben mag allerdings das in Form einer Durchtränkungs-Flüssigkeit „circulirende“ Eiweiss eher zerfallen, als das organisirte „Organeiweiss“ (Voit), der integrirende Bestandtheil der Gewebe.

Qualität und Quantität der Aufnahmen für den gesunden Erwachsenen.

Die Frage, welche Substanzen der Mensch zu einer gedeihlichen Ernährung nothwendig habe und dazu in welcher Menge, ist natürlich ganz empirisch durch Beobachtung der Ernährungsweise gesunder Individuen in verschiedenem Alter und

bei verschieden geforderter Leistung derselben festgestellt worden. Da beispielsweise der Säugling durch den Milchgenuss gedeiht und wächst, so wird die Milch unzweifelhaft in sich eine Zusammensetzung qualitativ und quantitativ passender Nahrungsstoffe umfassen.

Der Mensch als Omnivore

Seiner ganzen Organisation nach gehört der Mensch zu den Omnivoren, also zu denjenigen Wesen, welche auf eine gemischte Nahrung angewiesen sind.

Zu seiner Existenz bedarf der Mensch die folgenden 4 Haupt-Nahrungssubstanzen, ohne welche er sein Leben zu erhalten ausser Stande ist: keine derselben darf auf irgendwie längere Zeit in der Nahrung fehlen. Diese sind:

gebraucht Wasser,

1. Das Wasser: — für den Erwachsenen in Speise und Trank 2700—2800 Gr. Da der Körper ununterbrochen Wasser abgibt, — da viele Auswurfsstoffe in wässeriger Lösung (Harn) den Körper verlassen, — und fast alle Verdauungsproducte als wässerige Lösungen im Darmtractus zur Aufsaugung kommen, so ist die Bedeutung des Wassers einleuchtend. — Vermehrte Wasserzufuhr beschleunigt den Umsatz der N-haltigen Gewebe.

Salze,

2. Anorganische Bestandtheile als integrirende Bestände aller Gewebe, ohne welche ein Aufbau derselben unmöglich wäre. Diese Substanzen finden sich in den gewöhnlichen Nahrungsmitteln, die wir zu uns nehmen, überall in hinreichender Auswahl vor, so dass es einer besonderen Verabreichung derselben (wie auch die Ernährung der Thiere zeigt) nicht bedarf. Zunahme der Salzzufuhr zieht vermehrte Wasseraufnahme nach sich; und diese letztere vermehrt den N-Umsatz im Körper (Weiske). Entziehen der nothwendigen Salze hat Störungen der Ernährung der sie enthaltenden Gewebe zur Folge: kalkfreie Nahrung stört die normale Knochenbildung; — Vorenthalten von Kochsalz bewirkt Albuminurie.

Nur durch Noth gezwungen greift der Mensch mitunter zur Aufnahme grösserer Mengen anorganischer Substanzen, um die denselben beigemischten organischen Nahrungsstoffe daraus zu entnehmen, wie A. v. Humboldt von den Bewohnern der Orinoco- und Meta-Ufer berichtet, welche in knappen Zeiten, wenn der Fischfang stockt, eine fette Thonerde, die reich an Infusorien ist, zu verzehren gezwungen sind.

Eiweiss,

3. Mindestens ein thierischer oder pflanzlicher Eiweisskörper. Die Albuminate werden zum Ersatze der verbrauchten N-haltigen Gewebe, also namentlich auch der Muskeln verwendet. Sie enthalten gegen 15,4 %—16,5 % N.

Fette oder Kohlehydrate.

4. Mindestens ein Fett oder ein (verdauliches) Kohlehydrat. Diese dienen vornehmlich zum Wiederersatze des umgesetzten Fettes und der N-losen Körperbestandtheile. Wegen ihres reichen Gehaltes an C sind sie bei ihrer Oxydation im Körper die vornehmste Quelle der Wärmeerzeugung (pg. 378). Fette und Kohlehydrate können sich in der Nahrung vertreten, und zwar in einem gegenseitigen Mengenverhältniss, welches

ihrem beiderseitigen Gehalte an C entspricht. Nach Voit sind in dieser Beziehung 17 Gewichtstheile Stärke gleichwerthig 10 Gewichtstheilen Fett.

Verhältniss der N.-haltigen zu N-losen Nährstoffen.

Was nun die relative Mengenzusammensetzung dieser verschiedenen Nahrungsstoffe anbetrifft, so ist durch die Erfahrung festgestellt, dass diejenige Nahrung als die dem Organismus am zuträglichsten bezeichnet werden muss, in welchem die N-haltigen und N-losen Bestandtheile so gemischt sind, dass auf 1 N-haltigen Nährkörper $3^1/_2$ bis höchstens $4^1/_2$ N-lose kommen. Betrachtet man nach diesem Massstabe die üblichen Nahrungsmittel, so übersieht man leicht, inwiefern dieselben dieser Anforderung entsprechen; — und dass ferner durch Zusammenstellung mehrerer oft eine passende Kost gemischt werden kann. Es enthalten:

	N-haltige	:	N-lose		N-haltige	:	N-lose
1. Kalbfleisch . . .	10	:	1	10. Frauenmilch . . .	10	:	37
2. Hasenfleisch . . .	10	:	2	**11. Waizenmehl . . .**	**10**	**:**	**46**
3. Ochsenfleisch . . .	10	:	17	12. Hafermehl . . .	10	:	50
4. Linsen	10	:	21	13. Roggenmehl . . .	10	:	57
5. Bohnen	10	:	22	14. Gerstenmehl . . .	10	:	57
6. Erbsen	10	:	23	15. Weisse Kartoffeln .	10	:	86
7. Schaffleisch, gemästet	10	:	27	16. Blaue „ .	10	:	115
8. Schweinefleisch . .	10	:	30	17. Reis	10	:	123
9. Kuhmilch	**10**	**:**	**30**	18. Buchweizenmehl .	10	:	130

Auswahl der Nahrung.

Die Betrachtung zeigt, dass neben der Frauenmilch noch das Waizenmehl im Bereiche der normalen Mischungsverhältnisse liegt. Dahingegen erfordern die Nahrungsmittel von 1 bis 9 noch einen Zusatz N-loser, die von 12 bis 18 einen solchen von N-haltigen Substanzen, damit im Ganzen das Verhältniss 10 : 35 bis 10 : 45 herauskommt. Ein Mensch, welcher sich nur von Fleisch ernähren wollte, würde daher ebenso irrationel handeln, als ein solcher, der nur Kartoffeln zur Nahrung nimmt. Die Empirie hat es längst dem Volksbewusstsein eingeprägt, dass man wohl von Milch und Eiern leben kann, dass aber zu einem Gerichte Fleisch Kartoffeln oder Brod gehören, — zu einer Schüssel Hülsenfrüchte ein Stück Speck.

Einfluss der Kälte.

Es soll noch besonders erwähnt werden, dass je nach den Klimaten und Jahreszeiten das Verhältniss der Nahrung wechselt. Da nämlich bei grösserer Kälte der Organismus mehr Wärme produciren muss, so nimmt der Bewohner höherer Breiten relativ mehr N-lose Nahrung (Fett und Zucker oder Amylaceen) zu sich, die ihres C-Reichthums wegen zur Wärmeerzeugung im Körper besonders geeignet sind. (Vgl. pg. 398.)

Besonders übersichtlich ist die bildliche Darstellung der Zusammensetzung der wichtigsten Nahrungsmittel, die wir in der Figur 79 (nach A. Fick) hier mittheilen.

Hält man daran fest, dass die N-haltigen Körper sich zu den N-losen wie $1:3^1/_2$ bis $4^1/_2$ in der Nahrung verhalten müssen, so ergibt sofort die Betrachtung, welche Nahrungsmittel sich unvermischt zur Kost eignen, sowie auch, welche unter ihnen man in passender Combination zur gegenseitigen Ergänzung auswählen kann.

Absolute Nahrungsmenge.

Die absolute Menge der Nahrungsstoffe, welche der Erwachsene in 24 Stunden gebraucht, wird von verschiedenen Momenten beeinflusst werden müssen. Da die Nahrungsmittel

das chemische Spannkraftreservoir darstellen, aus denen der Körper einerseits Wärme, andererseits lebendige Arbeitskraft

Fig. 79.

Animalische Nahrungsmittel.

Erklärung der Zeichen:

Wasser. Albuminate. Albuminoide. N-freie org. Stoffe. Salze.

Rindfleisch 62 12 3 20,5 2,5
Schweinefleisch 55 6 5 33 1
Geflügel 73 19,5 1,5 4,7 1,3
Fische 76 12 4 6 2
Hühnerei 73,5 13,5 12 1
Kuhmilch 86 5 8,3 0,6
Menschenmilch 89 3,3 7,3 0,4

Vegetabilische Nahrungsmittel.

Erklärung der Zeichen:

Wasser. Albuminate. Verdauliche, Unverdauliche N-freie organ. Stoffe. Salze.

Waizenbrod 41,3 6,3 51 1,4
Erbsen 14 23 55,5 5 2,5
Reis 13 6,5 79 1,5
Kartoffel 75 1,5 16 6,5 1
Weisse Rübe 90,5 1 8 0,5
Blumenkohl 90 0,2 6,8 1
Bier 90 1,5 8 0,5

umsetzt, so wird die absolute Nahrungsmenge zunehmen müssen, wenn der Wärmeverlust des Körpers (Winter) und wenn seine Muskelthätigkeit (Arbeit) zunimmt. Im Mittel gebraucht

der Mensch 130 Gr. Albuminate, — 84 Gr. Fett, — 404 Gr. Kohlehydrate.

Die folgenden Zahlenangaben sind als Mittelzahlen aus vielen Einzelbeobachtungen zu betrachten.

Der Erwachsene bedarf in 24 Stunden:

Nahrungsmittel in Grammen	ruhend (Playfair)	mässig arbeitend (Moleschott)	stark arbeitend (Playfair)
Eiweissstoffe	70,87	**130**	155,92
Fette	28,35	**84**	70,87
Kohlehydrate (Zucker, Stärke etc.) . . .	340.20	**404**	567,50

In einem analogen Beispiel nach Vierordt wollen wir die in dieser Nahrung enthaltenen Elementarstoffe berechnen, und zugleich die Einnahme der Ausgabe gegenüber stellen.

Der Erwachsene bei mittlerer Leistung nimmt auf:

	C	H	N	O
120 Gr. Eiweiss enthaltend .	64,18	8,60	18,88	28,34
90 „ Fette „ .	70,20	10,26	—	9,54
330 „ Amylum „ .	146,82	20,33	—	162,85
	281,20	39,19	18,88	200,73

Hierzu 744,11 Gr. O aus der Luft bei der Athmung,
2818 Gr. Wasser,
32 Gr. anorganische Verbindungen (Salze).

Das Ganze beträgt gegen $3^1/_5$ Kilo, also etwa $^1/_{20}$ des Körpergewichtes. Es wird so über $6^0/_0$ des Wassers, gegen $6^0/_0$ des Fettes, gegen $1^0/_0$ Eiweiss und gegen $0{,}4^0/_0$ der Salze im Körper ersetzt.

Der Erwachsene bei mittlerer Leistung gibt ab:

	Wasser	C	H	N	O
Durch Athmung .	330	248,8	.	?	651,15
Transspiration . .	660	2,6	.	.	7,2
Harn	1700	9,8	3,3	15,8	11,1
Koth	128	20,0	3,0	3,0	12,0
	2818	281,2	6,3	18,0	681,45

Hierzu kommt noch (ausser den 2818 Gr. genossenen Wassers) 296 Gr. Wasser, welches sich im Körper aus dem H der Nahrung durch Oxydation bildet. Diese 296 Gr. Wasser enthalten 32,89 Gr. H und 263,41 Gr. O. — Ferner gehen 26 Gr. Salze durch den Harn und 6 durch den Koth ab.

Nähräquivalent der Haupt-Nahrungsmittel rücksichtlich N und C.

In den meisten der gewöhnlichen Nahrungsmittel finden sich N-haltige und N-lose Körper neben einander vor, allein wie die obigen Mittheilungen zeigen, in sehr verschiedenem Mengenverhältnisse. Der Mensch bedarf einer Kost, in welcher N-haltige zu N-loser Substanz sich verhält wie $1 : 3^1/_2$ bis $1 : 4^1/_2$.

Nimmt daher der Mensch eine Nahrung zu sich, in welcher dieses Verhältniss nicht herrscht, so muss derselbe,

um ein hinreichendes Maass derjenigen Substanz zu erlangen, welche dieses Nahrungsmittel relativ zu wenig enthält, übermässig grosse Mengen desselben verzehren, was offenbar nur mit Vergeudung der präponderirenden Substanz statthaben kann. Moleschott hat in dieser Beziehung die Hauptnahrungsmittel zusammengestellt. Damit ein Arbeiter die nothwendigen 130 Gr. Eiweissstoffe in der Nahrung aufbringe, muss er verzehren:

Käse . . .	388 Gr.	Ochsenfleisch .	614 Gr.	Reis . . .	2562 Gr.
Linsen . . .	491 „	Eier	968 „	Roggenbrod .	2875 „
Erbsen . . .	582 „	Waizenbrod .	1444 „	Kartoffeln .	10000 „

Es ist ganz einleuchtend, dass der Arbeiter in den letzteren Stoffen ein nutzloses Uebermass an N-loser Nahrung zu sich nehmen muss.

Um die zu seinem Unterhalte nothwendigen 448 Gr. Kohlehydrate (oder die äquivalente Menge Fett [10:17]) in der Nahrung zu gewinnen, müsste derselbe Arbeiter verzehren:

Reis	572 Gr.	Erbsen . . .	819 Gr.	Käse . . .	2011 Gr.
Waizenbrod .	625 „	Eier . . .	902 „	Kartoffeln .	2039 „
Linsen . . .	806 „	Roggenbrod .	930 „	Fleisch . .	2261 „

Also namentlich beim ausschliesslichen Genuss von Käse oder Fleisch müsste der Arbeiter geradezu enorme Quantitäten verzehren, was einer Vergeudung der N-haltigen Stoffe gleichkommt.

Für den Pflanzenfresser genügt eine Nahrung, in der auf 1 Theil N-haltiger 8—9 Theile N-loser Bestandtheile kommen.

239. Stoffwechsel im Hungerzustande.

Allgemeine Erscheinungen.

Wird einem Warmblüter sämmtliche Nahrung entzogen, so muss derselbe natürlich, um die Wärme seines Leibes zu erzeugen und eventuell geforderte mechanische Arbeit zu leisten, die Spannkräfte seines eigenen Körpermateriales zersetzen und verbrauchen. Sein Körpergewicht nimmt demgemäss von Tag zu Tag bis zum Hungertode ab.

Art der Untersuchung.

Zur genaueren Untersuchung des Inanitionszustandes wird 1. täglich genau das Körpergewicht des Thieres gewogen. — 2. Wird täglich aller C und N in der ausgeathmeten Luft, dem Harne und dem Kothe bestimmt. Der gefundene N kann nur aus verbrauchten Albuminaten des Körpers, vornehmlich den Muskeln, stammen, aus derselben Quelle natürlich auch ein (der Zusammensetzung des Muskels entsprechender) zugehöriger Theil C. Der nach Abzug dieses noch übrigbleibende Theil von C wird auf Zersetzung N-loser Körpersubstanz verrechnet, und zwar ganz vorwiegend auf das Fett. Hat man so die Menge der eingeschmolzenen Muskelsubstanz und des Fettes berechnet, so ergibt der Abzug dieser vom Gesammtverlust des Körpers die Menge des Wasserverlustes.

Das folgende Beispiel, welches eine von Bidder und Schmidt zu Tode gehungerte Katze betrifft, zeigt zunächst die verschiedenen Ausgaben an den Hungertagen.

Tag	Körpergewicht	Getrunkenes Wasser	Harnmenge	Harnstoff	Unorg. Bestände d. Harns	Trock. Fäeces	Ausgeathmeter C	Wasser in Harn und Koth
1.	2464		98	7,9	1,3	1,2	13,9	91,4
2.	2297	11,5	54	5,3	0,8	1,2	12,9	50,5
3.	2210		45	4,2	0,7	1,1	13	42,9
4.	2172	68,2	45	3,8	0,7	1,1	12,3	43
5.	2129		55	4,7	0,7	1,7	11,9	54,1
6.	2024		44	4,3	0,6	0,6	11,6	41,1
7.	1946		40	3,8	0,5	0,7	11	37,5
8.	1873		42	3,9	0,6	1,1	10,6	40
9.	1782	15,2	42	4	0,5	1,7	10,6	41,4
10.	1717		35	3,3	0,4	1,3	10,5	34
11.	1695	4	32	2,9	0,5	1,1	10,2	30,9
12.	1634	22,5	30	2,7	0,4	1,1	10,3	29,6
13.	1570	7,1	40	3,4	0,5	0,4	10,1	36,6
14.	1518	3	41	3,4	0,5	0,3	9,7	38
15.	1434		41	2,9	0.4	0,3	9,4	38,4
16.	1389		48	3	0,4	0,2	8,8	45,5
17.	1335		28	1,6	0,2	0,3	7,8	26,6
18. †	1267		13	0,7	0,1	0,3	6,1	12,9
	—1197	131,5	775	65,9	9,8	15,8	190,8	734,4

Die Katze hatte bis zum Tode 1197 Gr. Körpergewicht verloren. Diese vertheilen sich nach dem oben Gesagten der Rechnung nach so: 204.43 Gr. (= 17,01 %) Eiweissverlust; — 132,75 Gr. (= 11,05 %) Fettverlust, — 863,82 Gr. Wasserverlust (= 71,91 % des totalen Körpergewichtsverlustes).

Verhalten des Thieres im Hungerzustand.

Unter den allgemeinen Erscheinungen der Inanition ist bemerkenswerth, dass kräftige, wohlgenährte Hunde erst nach 4 Wochen dem Hungertode erliegen, der Mensch nach 21—22 Tagen (Moleschott) (6 Melancholiker, die Wasser getrunken hatten, erst nach 41 Tagen), kleinere Säuger und Vögel nach 9 Tagen (Frösche erst nach 9 Monaten). Ausgewachsene kräftige Säuger haben bis dahin gegen $^4/_{10}$ ihres Körpergewichtes eingeschmolzen ($^1/_5$—$^1/_2$). Junge Individuen sterben viel eher als erwachsene. Aeusserlich ist schon die Abmagerung auffällig; — der Mund ist trocken, die Wände des Nahrungscanals werden auffallend verdünnt, Verdauungssecrete werden nicht mehr gebildet, — Puls und Athemzüge sind seltener, — der Harn ist durch vermehrte Schwefel- und Phosphorsäure stark sauer, seine Chlorverbindungen verschwinden schon bald fast ganz, — das Blut ist an Wasser, das Plasma an Eiweiss ärmer, — die Gallenblase ist stark gefüllt, was auf einen ununterbrochenen Untergang von Blutkörperchen in der Leber hinweist. Die Leber ist klein und auffallend dunkel. Schliesslich stellt sich grosse Schwäche der (sehr welken und brüchigen) Muskeln ein, und unter den Zeichen grösster Abgeschlagenheit und des Comas erfolgt der Tod.

Einschmelzung von Fleisch und Fett.

Die Verhältnisse des Stoffwechsels ergeben sich aus vorstehender Tabelle: hiernach ist namentlich die Verminderung der Harnstoffausscheidung viel grösser, als die der CO_2, woraus auf eine entsprechende

grössere Einschmelzung von Fett den Albuminaten gegenüber geschlossen werden muss.

Nach den Berechnungen wird nämlich täglich eine ziemlich constante Fettmenge eingeschmolzen, während mit den laufenden Hungertagen die Albuminate einen bedeutend geringeren Zerfall zeigen (Wassertrinken beschleunigte den Eiweisszerfall). Dem entsprechend sinkt die CO_2-Ausgabe langsamer als das gesammte Körpergewicht, so dass die Gewichtseinheit des lebenden Thieres sogar von Tag zu Tag eine steigende CO_2-Production zeigt. Der O-Verbrauch richtet sich natürlich nach dem Verhältnisse der Verbrennung von Albuminaten (die weniger O bedürfen) und von Fett (das mehr O bedarf).

Einschmelzung der einzelnen Organe.

Von besonderem Interesse ist weiterhin die Betrachtung, in welchem Masse die einzelnen Körperorgane an Gewicht eingebüsst haben, wie durch den Vergleich mit einem getödteten ähnlichen nicht verhungerten Thiere hervorgeht. Doch ist hierbei zu bemerken, dass manche Organe allerdings einfach direct abnehmen, z. B. die Knochen; — andere Theile zeigen eine verhältnissmässig sehr bedeutende Einschmelzung (wie das Fett); diese werden nämlich rapide eingeschmolzen und aus ihnen andere Organe während des Hungers zum Theil noch ernährt. Endlich lassen gewisse Organe (z. B. das Herz) sehr geringe Abnahme erkennen, da sie sich eben aus den Einschmelzungsproducten anderer Gewebe zu erhalten vermögen.

Ein verhungerter Kater hatte nach Voit verloren:

	Procent des ursprünglich Vorhandenen	Procent des Gesammtverlustes d. Körpers		Procent des ursprünglich Vorhandenen	Procent des Gesammtverlustes d. Körpers
1. Fett	97	26,2	10. Lungen . . .	17,7	0,3
2. Milz	66,7	0,6	11. Pancreas . . .	17,0	0.1
3. Leber	53,7	4,8	12. Knochen . . .	13,9	5,4
4. Hoden . . .	40,0	0,1	13. Centrale Nerven	3,2	0,1
5. Muskeln . . .	30,5	42,2	14. Herz	2,6	0,02
6. Blut	27,0	3,7	15. Gesammter übriger Rest des Körpers	36,8	5,0
7. Nieren . . .	25,9	0,6			
8. Haut	20,6	8,8			
9. Darm	18,0	2,0			

Verhalten des sog. „Vorraths-Eiweisses“ nach Voit.

Es soll endlich noch auf einen wichtigen Unterschied hingewiesen werden, den die Thiere zeigen, je nachdem sie vor Beginn der Inanition sehr reichlich mit Fleisch und Fett gefüttert, oder ob sie nur in knapper auskömmlicher Nahrung gehalten waren. Reich gefütterte Thiere zeigen nämlich in den ersten Tagen des Hungers erheblich grössere Gewichtsabnahme, als an späteren. Voit glaubt, dass das aus der reichen Nahrung stammende Eiweiss sich als „circulirendes“ oder „Vorraths-Eiweiss“ in gewisser lockerer Ablagerung im Körper vorfinde, so dass dieses im Hungerzustande eher und massenhafter zerfallen muss, als das als integrirender Theil der Gewebe gebundene „Organ-Eiweiss“. — Ferner zeigen sehr fette Individuen von vorn herein einen grösseren Fettzerfall den Albuminaten gegenüber, als die mageren.

240. Stoffwechsel bei reiner Fleischkost, Eiweiss oder Leim.

Der Mensch vermag nicht von Fleisch allein zu leben.

Mit fettfreiem reinen Fleisch ist der Mensch nicht im Stande, das Gleichgewicht seines Stoffwechsels aufrecht zu erhalten; zu einer solchen Nahrung dauernd gezwungen, würde er unbedingt unterliegen müssen. Der Grund ist leicht einzusehen. Im Ochsenfleische ist das Verhältniss der N-haltigen zu den N-losen elementaren Nahrungsbeständen enthalten wie 1 : 1,7 (vgl. pg. 436). Der Gesunde gibt in der CO_2 der Athmung, ferner im Koth und Harn gegen 280 Gr. C täglich ab. Wollte der Mensch diese 280 Gr. C aus dem C der reinen Fleischnahrung entnehmen, so müsste er in 24 Stunden über 2 Kilo reinen Fleisches verdauen und assimiliren. Hierzu reichen jedoch auf die Dauer die Organe des Menschen in keiner Weise aus. Der Mensch würde unter diesen Verhältnissen bald gezwungen sein, weniger Fleisch zu verzehren; das würde aber nothwendig die Einschmelzung seiner eigenen Körperbestände zur Folge haben, und zwar zunächst des Fettes, dann aber auch der Eiweisssubstanzen.

Fleischkost beim Fleischfresser,

Der Fleischfresser (Hund), dessen Verdauungsorgane ganz besonders der Fleischverdauung angepasst sind (kurzer Darm und intensiv Eiweiss auflösende Verdauungssäfte), kann nur dann mit fettfreiem Fleische im Stoffwechselgleichgewicht bleiben, wenn er selbst in seinem Körper bereits fett- und fleischreich ist. Alsdann gebraucht er mindestens gegen $^1/_{25}$—$^1/_{20}$ seines Körpergewichtes an Fleisch, wobei seine Harnstoffausscheidung entsprechend enorm zunimmt. Frisst er noch grössere Mengen, so kann er sogar noch Fleisch ansetzen, und dann gebraucht er natürlich (entsprechend der Miterhaltung des neuangesetzten Fleisches) noch stetig mehr Fleisch, bis alsbald seine Verdauungsthätigkeit ihre Gränze erreicht. Dann wird sein Gewicht wieder abnehmen. — Erhält der vordem wohlgenährte Hund weniger als $^1/_{25}$—$^1/_{20}$ seines Gewichtes an Fleisch, so setzt er selbst von seinem Fett und Fleisch zu; er magert ab und vermag auf die Dauer nicht zu bestehen. — Von vornherein magere und fleischarme Hunde vermögen bei reiner Fleischkost sich auf längere Zeit nicht im Gleichgewicht zu erhalten, da sie zu bedeutende Fleischmassen verdauen müssten, was sie nicht vermögen. — Der Pflanzenfresser vermag in keiner Weise von reiner Fleischkost zu bestehen, da seine auf Pflanzenverdauung eingerichteten Verdauungswerkzeuge zur Bewältigung der nöthigen Fleischfuttermassen bei Weitem nicht ausreichen würden.

beim Pflanzenfresser.

Eiweisskost verhält sich wie Fleisch.

Der Leim als theilweises Ersatzmittel der Albuminate.

Ganz ähnlich wie mit der reinen Fleischkost, verhält es sich mit reiner anderer Eiweisskost. — Vom Leim ist erwiesen, dass er bis zu einem gewissen Grade Eiweisssubstanzen in der Nahrung ersetzen kann; hierbei kommen 2 Leim auf 1 Eiweiss. Der Fleischfresser, der mit grossen Fleischmassen sein Stoffwechselgleichgewicht aufrecht erhalten kann, vermag dieses mit weniger Fleisch und entsprechendem Leimzusatz. Reine Leimkost (die viel Harnstoff liefert) vermag jedoch in keiner Weise auszureichen; dazu verlieren Thiere alsbald den Appetit zu dieser Kost (Bischof, Voit, v. Pettenkofer).

Leim zur Krankenkost.

Wegen der leichten Löslichkeit hat man, nachdem früher vielfach über den Nahrungswerth des Leimes gestritten war, in neuerer Zeit wieder Zusatz von Leim (Bratengallerte, Bouillontafeln) zur Nahrung von Reconvalescenten als gut verdaulich empfohlen. — Nach anhaltender Chondrinkost (neben Fleisch) fand man etwas Traubenzucker im Harn (Bödeker).

241. Reine Fett- oder Kohlehydrat-Kost.

Reine Fettkost.

Wird nur Fett als Nahrung verabreicht, so kann ebenfalls der Körper hierbei auf die Dauer sich nicht erhalten. Die betreffenden Wesen sondern in dieser Zeit weniger Harnstoff ab, als im Hungerzustande. Dem entsprechend muss also der Fettgenuss das Einschmelzen des eigenen Fleisches beschränken. Dies rührt daher, dass das Fett als leicht verbrennliche Substanz im Körper eher oxydirt (indem es vorzugsweise zur Wärmebildung verwandt wird), als die schwerer verbrennbaren N-haltigen Albuminate. Ist der Fettgenuss ein sehr reicher, so wird nicht aller C des Fettes in den Ausscheidungen (namentlich als CO_2 in der exspirirten Luft) wiedergefunden. Demgemäss muss also der Körper Fett ansetzen, während er natürlich gleichzeitig Eiweissstoffe einschmilzt: Das betreffende Wesen wird also fettreicher und zugleich fleischärmer.

Reine Kohlehydratkost.

Die alleinige Verabreichung von Kohlehydraten (die durch die Verdauung zuerst in Zucker übergeführt werden) zeigt mit der reinen Fettkost grosse Uebereinstimmung. Nur ist zu bemerken, dass der Zucker im Körper noch leichter der Verbrennung anheimfällt, als das Fett, — und ferner, dass in Bezug auf den Nährwerth 17 Theile Kohlehydrat gleich sind 10 Theilen Fett. Dem entsprechend beschränkt die Kohlehydratkost die Harnstoffbildung noch leichter, als der reine Fettgenuss. Die Thiere werden fleischärmer und scheinen sogar auch etwas von ihrem eigenen Fett einzuschmelzen.

242. Mischung von Fleisch mit Fett, oder von Fleisch mit Kohlehydraten.

Während bei reiner Fleischkost zur Erhaltung des Körpergleichgewichtes ein kolossaler Consum ($^1/_{25}$—$^1/_{20}$ des Körpergewichtes beim Hunde) erforderlich ist, genügt bei Zusatz genügenden Fettes oder Kohlehydrates eine 3- bis 4mal kleinere Fleischportion. Und zwar hat das Kohlehydrat eine bedeutendere, die Harnstoffbildung beschränkende Einwirkung, als eine Menge Fett, welche zu ihrer Verbrennung dieselbe O-Menge nöthig hat, als die Kohlehydratmenge. Bei unzureichender Fleischkost hat der Zusatz von Fett oder Kohlehydrat immer noch einen beschränkteren Zerfall des eigenen Körpermateriales zur Folge. — Endlich steigt umgekehrt bei überreichen Fleischmengen nach Zusatz dieser Substanzen das Körpergewicht noch stärker, als ohne diese. Der Körper nimmt unter diesen letzteren Umständen bedeutend mehr an Fett, als an Fleisch zu.

Nach der Mischung von Fleisch mit den N-losen Stoffen richtet sich auch der O-Verbrauch im Körper, welcher steigt und fällt mit der Menge des aufgenommenen Fleisches. Merkwürdig ist es, dass bei Verabreichung einer gewissen Fleischmenge mehr O verzehrt wird, als nach Aufnahme der gleichen Fleischmenge mit Fettzusatz (v. Pettenkofer & Voit).

243. Ursprung des Fettes im Körper.

Körperfett wird theils einfach deponirt, theils neugebildet.

Früher wurde ganz allgemein angenommen, dass alles Fett des Körpers direct aus dem Fette der Nahrung stamme, dass also letzteres einfach aufgenommen und in den Geweben deponirt werde. Nachdem dann Liebig gezeigt hatte, dass für viele Fälle der Fettbildung eine directe Fettneubildung (aus Eiweiss) angenommen werden müsse, haben neuere Experimentatoren sogar alles Fett als durch Neubildung entstanden betrachtet (Voit). Thatsächlich wird das Fett theils einfach deponirt, theils wird es aus Albuminaten neugebildet.

Man glaubt, dass bei der Fettbildung aus Eiweissstoffen (welche 11% derselben liefern können) diese sich in einen N-losen und in einen N-haltigen Atomencomplex spalten. Ersterer soll (falls er bei reicher Eiweisskost nicht völlig zu CO_2 und H_2O verbrannt den Körper verlässt) zur Fettbildung das Material hergeben, — letzterer vornehmlich zu Harnstoff oxydirt den Körper verlassen (Hoppe-Seyler, Fürstenberg, Voit, v. Pettenkofer).

Beispiele für die Fettbildung aus den Albuminaten.

Als Beispiele, welche für diese Fettbildung aus Albuminaten sprechen, seien aufgeführt: 1. Eine Kuh, welche täglich 1 Pfund Butter producirt, nimmt in der Nahrung bei weitem nicht das hierzu nöthige Fett auf, muss es vielmehr aus der albuminhaltigen Pflanzennahrung umsetzen. — 2. So erzeugen auch säugende Carnivoren mit vielem Fleische und etwas Fett gefüttert reichliche fette Milch. — 3. Hunde mit vielem Fleisch und etwas Fett ernährt setzen viel mehr Körperfett an, als dem Fette der Nahrung entspricht. — 4. Die fettige Entartung z. B. im Innern der Muskel- und Nervenfasern kann nur als aus Eiweiss hervorgehend angenommen werden. — 5. Die Umwandlung ganzer Leichname (die z. B. lange von Wasser überschwemmt gelegen haben) in eine fettige wachsartige Masse oder „Leichenfett" (Adipocire von Foucroix) spricht für den Uebergang der Albuminate zum Theil in Fett. — 6. Die Zunahme von Fett auf Kosten des Caseïns im „reifenden" Käse (Blondeau) lässt sich ebenfalls nur so erklären. — [Nicht gehört hierher das Auftreten von Fett in Augen-Linsen, welche man Thieren in die Bauchhöhle gebracht hat. Diese imprägniren sich nur von aussen mit Fett, ohne selbst sich in Fett zu verwandeln.]

Beispiele dafür, dass das Körperfett nicht einfach resorbirt ist.

Versuche, welche es wahrscheinlich machen, dass das Mästungsfett nicht als solches von der Nahrung aus resorbirt wird, sind: 1. Es gelingt Fettmästung mit Fleisch und Seifen; letztere werden aber höchst unwahrscheinlich durch Glycerinaufnahme unter Alkaliabspaltung zu neutralen Fetten umgebildet (Kühne und Radziejewski). — 2. Wurde ein magerer Hund mit Fleisch und Palmitin- und Stearin-Natronseife gemästet, so enthielt sein reiches Körperfett neben Palmitin- und Stearin- noch Olein-Fett; letzteres musste der Organismus aus Umsetzung des Albumins des Fleisches selbst gebildet haben. Ferner fand man bei analoger Mästung mit magerem Fleisch und Spermacetfett nur wenig des letzteren in dem Fette des Hundes vor (Ssubotin). — Wenn diese Versuche auch beweisen, dass Fett des Körpers durch Zerlegung der Albuminate entstehen muss, so beweisen sie dennoch noch nicht, dass alles Fett so entstehen muss, und dass gar nichts davon einfach resorbirt und deponirt werden kann.

Kohlehydrate gehen nicht in Fett über.

Aus verzehrten Kohlehydraten geht kein Fett direct im Körper hervor (etwa durch Reduction derselben). Da jedoch mit vielem reinen Fleische und Kohlehydratzusatz eine Fettmästung möglich ist, so ist anzunehmen, dass die Kohlehydrate im Körper verbrennen, und dass hiedurch ein N-loser Atomencomplex der Fleischnahrung

vor Verbrennung geschützt und als Fett verarbeitet zur Ablagerung verwendet wird.

Thiere werden nur fett bei vielem Eiweiss und passendem Kohlehydratzusatz, nicht umgekehrt bei vielem Kohlehydrat und wenigem Eiweiss, so dass also die Fettablagerung in der That von der Menge der verarbeiteten Albuminate abhängig ist.

Man glaubte früher, Bienen vermöchten allein aus Honig Wachs zu bereiten; dies ist irrthümlich, es bedarf vielmehr auch hierzu stets eines äquivalenten Albuminatenzusatzes (der sich im rohen Honig hinreichend findet).

244. Uebermässiger Fett- und Fleisch-Ansatz (Corpulenz), und seine Bekämpfung.

Uebermässiger Ansatz im Körper ist als eine pathologische Erscheinung des Stoffwechsels zu betrachten, welche dem damit Behafteten nicht allein vielfache Unbequemlichkeiten, sondern auch Beschwerden oder gar ernste Gefahren bereiten kann. — In Bezug auf die Ursachen der Obesitas lässt sich zunächst allerdings eine gewisse angeborne Disposition nicht in Abrede stellen, insofern manche Familien leichter stark werden — (ganz ebenso ist es mit gewissen Stämmen unseres Mastviehes), — während andere selbst bei reichlichster Zufuhr, die sich bis zur Gefrässigkeit steigern kann, mager bleiben. Die Hauptursache aber ist und bleibt eine gewohnheitsmässige übergrosse, das normale Stoffwechsel-Mittel überschreitende Nahrungszufuhr; — wenngleich fast jeder Corpulente in lächerlicher Selbsttäuschung befangen mit der ernstesten Miene zu versichern nicht nachlässt, dass er eigentlich ganz auffallend wenig esse. Angaben dieser Art sind um so weniger begründet, als völlig fest bewiesen ist, dass Corpulente, um ihren Körperkoloss zu mästen, nicht allein absolut, sondern sogar relativ viel mehr verzehren müssen, als wenig Beleibte unter analogen Ernährungsbedingungen. (Vgl. pg. 434.)

Angeborne Disposition.

Uebergrosser Nahrungsconsum als Hauptursache.

Es soll hier zunächst einem ganz allgemein verbreitetem Irrthume entgegen getreten werden, als wäre der Corpulente stets lediglich zu fett. Die Mästung bezieht sich anfangs vielmehr meist sowohl auf den Ansatz von Fett, als auch von Fleisch. Allerdings ist der Fettansatz sehr oft überwiegend und am meisten in die Augen fallend. Allein es ist vom wissenschaftlichen Standpunkte aus incorrect, stets lediglich von „Fettleibigkeit" zu sprechen. Allerdings gibt es einige Momente, wodurch vornehmlich die Fettbildung im Körper befördert wird, und so kann denn allerdings bei vorwiegender Einwirkung dieser, zumal in weiteren Stadien, der Fettansatz den Fleischansatz bedeutend überwiegen.

Unter den Momenten, welche den Eintritt der Beleibtheit begünstigen, sind folgende beachtenswerth: 1. Reiche Eiweisskost mit entsprechendem Fett- oder Kohlehydrat-Zusatz. Da sich das Fleisch aus Albuminaten, aber auch das allermeiste Körperfett ganz vorwiegend aus Eiweiss bildet, (pg. 444), so ist die Annahme, dass vornehmlich Fett und Kohlehydrate mästend oder auch nur allein fettmachend wirken, völlig unbegründet. Niemand wird ohne reiche Albuminkost fett. — 2. Verminderter Stoffverbrauch im Körper: hierher gehört a) geringe Muskelthätigkeit (viel Schlaf, wenig Bewegung); — b) Darniederliegen der Geschlechtsfunctionen (wie die leichte Mästung der Verschnittenen zeigt, sowie der Umstand, dass Frauen nach Cessiren der Menses leicht corpulent werden), wohl hauptsächlich wegen Wegfall aufregender Gefässthätigkeit. c) Geringe geistige Thätigkeit (Obesitas der Blödsinnigen), phlegmatisches Temperament, (wohl aus vorbenanntem Grunde). Umgekehrt sind lebhafte Geistesarbeit, aufgeregtes Temperament, weiterhin Sorgen und Kummer einer Mästung widerstrebend. — d) Eine geringere Ergiebigkeit der Athmungsthätigkeit, wie sie bereits Corpulenten in Folge der Fettansammlung im Abdomen durch Behinderung

Unterstützende Momente.

der Zwerchfell-Action zu Tage tritt (Kurzathmigkeit der Feisten), beschränkt die Verbrennung des sich bildenden Körperfettes, das dem entsprechend zur Ablagerung verwandt wird. — e) Der Corpulente braucht relativ weniger Stoffe zur Wärmebildung in seinem Körper zu verbrennen, theils weil seine compacte Leibesform in Folge der grösseren Concentrirung der Massen weniger Wärme von der äusseren Körperfläche abgibt, als ein zarter, schlank gegliederter Leib, theils weil die dicke Speckschicht als schlechter Wärmeleiter der directen Wärmeabgabe durch Leitung hinderlich ist (vgl. pg. 401. 4). Der also hierdurch geforderten relativ geringeren Wärmebildung im Körper entsprechend kann ein reicherer Ansatz statthaben. — f) Eine Verminderung der die Oxydation im Körper anregenden rothen Blutkörperchen hat ganz allgemein eine Vermehrung des Fettes zur Folge (vgl. pg. 74); Fette sind in der Regel auch deshalb fett, weil sie blutärmer sind (vgl. pg. 71); — Frauen mit weniger rothen Blutkörperchen (vgl. pg. 18 c) sind meist fetter als Männer. — g) Alkoholgenuss begünstigt die Conservirung des Fettes im Körper, weil er wegen seiner leichten Oxydirung das Fett vor dem Verbrennen im Körper schützt (Feistheit der Trinker). (Vgl. pg. 430.)

Uebergang der Corpulenz in Fettsucht.

Es sei schliesslich ganz besonders betont, dass Wohlgenährte im Anfang meist zugleich reiches Fleisch- und Fettgewebe besitzen. Bei weiterer Mästung tritt jedoch die Ausbildung des Muskelsystemes zurück, schon deshalb, weil die Schwerfälligkeit und Unbehilflichkeit den Corpulenten zur Ruhe zwingt. So wird secundär der Muskelapparat in der Ernährung zurückgehen; manche regsame Corpulente behalten allerdings ihren grossen Fleischgehalt bei. Wenn nun noch diejenigen Momente ganz besonders wirken, welche lediglich die Fettproduction befördern, so kann die Corpulenz in eine alleinige Fettsucht übergehen, wie es allerdings in den meisten Fällen schliesslich stattzufinden pflegt.

Nachtheile der Corpulenz.

Ausser grosser Unbequemlichkeit der Körperlast hat die Corpulenz und zumal die Fettsucht verschiedene Nachtheile und Gefahren: Kurzathmigkeit, leichte Ermüdung, Entstehung von Intertrigo in den Hautfalten, und von sog. Fett-Hernien, und endlich Gefahr der Herzverfettung und Herzlähmung, sowie der Apoplexie.

Behandlung derselben.

Zur Bekämpfung der Fettleibigkeit ist zu befolgen: 1. Gleichmässige Reduction aller genommenen Nahrungsmittel. Der Gemästete wiege sich und sein tägliches Nahrungsquantum von Woche zu Woche: so lange er keine Abnahme des Körpergewichtes constatiren kann, ist (trotz allen Appetites) das Futterquantum gleichmässig allmählich einzuschränken. Man mag hierin ganz langsam vorgehen, ohne eine zu plötzliche Beschränkung. (An dem gar zu vortrefflichen Appetite scheitern aber fast alle guten Vorsätze.) Nicht anzurathen aber ist, dem Corpulenten allein Fette und Kohlehydrate zu beschränken, wie es in der sog. Banting-Cur üblich ist. Denn ganz abgesehen davon, dass sich ja das Fett ganz vorwiegend aus Albuminaten bildet, bringt eine so bedeutende Beschränkung der normalen N-freien Kost oft schwere Störungen des ganzen Stoffwechsels mit sich. Viele haben daher durch diese Procedur ihre Gesundheit eingebüsst. Dass der Mensch bei ganz vorwiegender Albuminkost (bei der relativ viel O eingeathmet wird [vgl. 242, pg. 443]) an Körpergewicht verliert, ist ganz natürlich, er würde aber ganz sicher noch viel mehr verlieren bei ganz vorwiegender Fett- und Kohlehydratkost. — 2. Man steigere die Muskelthätigkeit durch lebhaftere Arbeit, — ev. auch die Thätigkeit des Geistes. — 3. Man befördere die Wärmeabgabe durch langandauernde kühle Bäder mit nachherigem starken Frottiren der Haut bis zur lebhaften Röthung; — dabei leichte Bekleidung; kühle, kurze Nachtruhe. In dieser Weise nützt auch der vermehrte Genuss von Thee und Kaffee, indem sie die Circulation zur Haut (und somit die Wärmeabgabe) lebhaft anregen. — Sonstige Gesichtspunkte ergeben sich aus dem über die Ursachen der Corpulenz Gesagten. — 4. Leichte Abführmittel: saure Früchte, Apfelwein, — kohlensaure Alkalien (Marienbad, Carlsbad, Vichy, Neuenahr, Ems etc.) wirken durch Vermehrung der Darmausleerungen und Verminderung der Resorption günstig gegen die Corpulenz. Reichliches Wassertrinken ist ebenfalls dienlich, da es den Stoffwechsel befördert.

Die Banting-Cur ist irrationell und schädlich.

Völlig verschieden von der Fettmästung, die in der Ablagerung grosser Fetttropfen in den Fettzellen des Panniculus und um die Eingeweide, sowie im Knochenmark (nie im Unterhautzellgewebe der Lider, des Penis, der rothen Lippen, der Ohren, der Nase) besteht, ist die fettige Atrophie oder fettige Entartung, die in Form von Fettkörnchen in den eiweisshaltigen Geweben sich zeigt, z. B. in Muskelfasern (Herz), Drüsenzellen (Leber, Niere), Knorpelzellen, Lymphoid- und Eiterkörperchen, sowie in abgetrennten Nerven. Das Fett ist hier auch aus dem Albumin entstanden, ähnlich wie physiologisch in den Drüsenzellen der Milch- und Talgdrüsen. Nimmt in den Geweben diese Verfettung so zu, dass das Eiweiss hierdurch zum Schwunde gelangt, ohne wieder ersetzt zu werden, so ist die fettige Atrophie oder Entartung ausgesprochen. Sie findet sich nach heftigen Fiebern, starker (künstlicher) Erhitzung der Gewebe, — verminderter O-Aufnahme in den Körper (wie es namentlich nach Phosphorvergiftung beobachtet wird [Bauer]), ferner bei Säufern, nach manchen Vergiftungen (Arsen), bei Störungen der Circulation und Innervation. Endlich zeigen manche Organe bei besonderen Erkrankungen die fettige Entartung. In seltenen Fällen kann bei Neugeborenen schnell der ganze Körper der fettigen Atrophie unterliegen.

Fettige Degeneration und Atrophie.

245. Der Stoffwechsel der Gewebe.

Alle Gewebe bedürfen zu ihrem normalen Bestehen und zu den von ihnen geforderten Leistungen des Stoffwechsels. Der Vermittler desselben ist vor allen der Blutstrom, der als Hauptverkehrs-Vermittler des Stoffwechsels das Ersatzmaterial zuführt, und das Verbrauchte wegschwemmt. Diejenigen Gewebe, die (wie die Cornea, der Knorpel) in ihrer Grundmasse keine Gefässe besitzen, müssen von den zunächst belegenen Capillaren durch ihre zelligen Elemente, die so als Saftleiter auftreten, den ernährenden plasmatischen Saftstrom empfangen. Daher geht eine Behinderung der normalen Circulation in den Geweben, (wie durch Verengerung oder Verkalkung der Gefässwände u. dgl.,) mit einer Störung der Ernährung einher; — völlige Unwegsamkeit, wie etwa durch Thrombose, totale Compression, oder künstlich durch Ligatur aller zuführenden Gefässe, hat sicheren Untergang der Gewebe zur Folge: der sich alsbald als Brand (Nekrose) zu erkennen gibt.

Das Blut als Stoff-Spender.

Dem entsprechend wird sich in den Geweben eine doppelte Strömung der Gewebssäfte erkennen lassen müssen: der zuführende Strom, welcher das Ersatzmaterial hinschafft und der abführende Strom, der die abgenutzten Umsetzungsproducte entfernt. Ersterer wird die Albuminate, Fette, Kohlehydrate, sowie die gelösten Salze, wie sie von den Resorptionsorganen aufgenommen sind, zur Anbildung den Geweben überliefern. Man erkennt den Strom dadurch, dass nach Einspritzung einer relativ indifferenten, leicht nachweisbaren Substanz, z. B. Kaliumeisencyanür in das Blut dieses innerhalb der Gewebe angetroffen wird, wohin es mit dem hinleitenden Strome befördert worden ist. Es ist klar, dass eine Behinderung jeglicher Art im arteriellen Systeme des betreffenden Gewebes diese Zufuhr verkürzt: der Stoffwechsel wird hierdurch beschränkt in Folge mangelhafter Anbildung. — Der abführende

Der zuführende Strom der Ernährung.

Der abführende Strom der abgenutzten Stoffe.

Strom entnimmt die Umsatzproducte, vornehmlich Harnstoff, — CO_2, — H_2O und Salze, um diese dem Ausscheidungsorgane mit möglichster Schnelligkeit zu übermitteln. Man erkennt diese Strömung dadurch, dass man eine gelöste Substanz in die Gewebe selbst (etwa mit einer Spritze zu subcutanen Injectionen) einführt (z. B. Kaliumeisencyanür) und dasselbe bereits nach wenigen (2—5) Minuten im Harne wieder antrifft. Ist der aus den Geweben herkommende Strom bedeutender und umfangreicher, als die Ausscheidungsorgane daraus die Stoffe eliminiren können, so werden diese letzteren sogar abermals durch die Gewebe wandern können. So sehen wir es an subcutan eingebrachten grösseren Giftdosen, welche oft so reichlich in das Blut strömen, dass, bevor sie noch ausgeschieden werden konnten, dieselben anderen Geweben zugebracht werden, z. B. dem Nervensysteme, das so ihrer Einwirkung unterliegen kann, bevor noch irgend eine bedeutende Ausscheidung erfolgt war. Da der abführende Strom durch zwei Canalsysteme geleitet wird, die Venen und die Lymphgefässe, so ist ersichtlich, dass eine Beschränkung dieser Bahnen den Stoffwechsel in Folge der Behinderung der normalen Abfuhr des Verbrauchten stören muss. Bei fester Umschnürung eines peripheren Körpertheiles, wodurch Venen und Lymphgefässe comprimirt werden, staut der Strom so bedeutend, dass selbst Schwellungen der Gewebe eintreten können.

Der Stoffwechsel abhängig von der Thätigkeit der Organe,

Die Grösse des Stoffwechsels in den Geweben und damit zugleich die Intensität der wechselnden Strömungen hängt von verschiedenen Momenten ab.

1. Von der Thätigkeit derselben. Die gesteigerte Thätigkeit des Organes gibt sich schon durch die grössere Blutfülle und regere Circulation zu erkennen (pg. 196), die ihrerseits die Vermittlerin des Stoffwechsels ist. Ist ein Organ zur völligen Unthätigkeit gezwungen, wie ein gelähmter Muskel, das peripherische Ende eines durchschnittenen Nerven, so nimmt alsbald in demselben die Blutmenge und der Blutwechsel ab. Nur dem thätigen Gewebe spendet der Organismus seine Säfte. Der betreffende Theil wird blass, schlaff, und geht endlich der fettigen Entartung entgegen. — Für manche Organe ist der erhöhte Stoffwechsel bei ihrer Thätigkeit festgestellt, z. B. für die Muskeln und das Gehirn. Im Schlafe, in welchem die meisten Organe ruhen, ist der Stoffumsatz beschränkt; ebenso vermindert ihn die Dunkelheit, während das Licht ihn anregt (offenbar durch nervöse Vermittelung). Die Schwankungen des Gesammtstoffwechsels werden sich in der Ausscheidung von CO_2 und Harnstoff wiederspiegeln, die der Thätigkeit des Organismus conform verlaufend eine Curve darstellen, welche mit der Curve der täglichen Respirations-, Puls- und Temperatur-Schwankungen ziemlich parallel verläuft.

von der Blutmischung.

2. Auch die Beschaffenheit der Blutmischung hat einen entschiedenen Einfluss auf die den Stoffwechsel tragenden Strömungen in den Geweben. Ein sehr concentrirtes wasserarmes

Blut (nach heftigen Schweissen, starken Durchfällen z. B. in der Cholera) macht die Gewebe trocken; — umgekehrt hat eine starke Wasseraufnahme in das Blut eine grössere Succulenz derselben, sogar bis zur Hydropsie, zur Folge; sie bewirkt ferner schnelleren Zerfall der Eiweisskörper und in Folge davon stärkere Harnstoffabfuhr in das Blut. Das letztere bewirkt auch ein grösserer Kochsalzgehalt des Blutes, und eine Verminderung des O-Gehaltes der rothen Blutkörperchen (Fränkel). Beachtenswerth sind noch gewisse abnorme Blutveränderungen: Das CO-Blut vermag nicht O aus der Luft aufzunehmen und die CO_2 aus den Geweben abzuleiten. (Vgl. pg. 40—41.) Die Gegenwart der Blausäure im Blute (vgl. pg. 42) soll so wirken, dass dieselbe augenblicklich die chemischen Oxydationsprocesse durch das Blut unterbricht (Mialhe); [ebenso wird durch dieselbe auch der Gährungsprocess unterbrochen]. — Eine Verminderung der gesammten Blutmasse lässt einerseits allerdings reichlicher Wasser aus den Geweben in die Gefässe eintreten (vgl. pg. 73, 74), andererseits aber verzögert sie die Aufnahme von Substanzen aus den Geweben [z. B. Gifte (Kaupp) oder pathologische Ergüsse], oder von der Darmfläche. — Werden die aus den Geweben herstammenden Substanzen vom Blute schnell eliminirt, oder in demselben verarbeitet, so geht die nachfolgende Resorption um so schneller von statten.

vom Blutdruck.

3. Der Blutdruck ist für die vermittelnde Saftströmung insofern von Einfluss, als eine hohe Steigerung desselben die Gewebe saftreicher, das Blut selbst aber concentrirter (bis zu 3—5 pro mille) macht (Nasse). An einer von der Epidermis entblössten Coriumfläche (z. B. Brandblase) überzeugt man sich leicht, dass jeder Druck auf die abführenden Gefässe Blutplasma durch die Capillarwände durchtreten lässt. — Eine Herabsetzung des Blutdruckes wird den entgegengesetzten Erfolg haben.

von der Gewebs-Temperatur,

4. Erhöhte Temperatur der Gewebe befördert den Stoffumsatz, so dass die CO_2- und Harnstoff-Production gesteigert sind (siehe künstliche Erwärmung pg. 398, und Fieber); das Entgegengesetzte hat die Temperaturerniedrigung zur Folge (siehe künstliche Abkühlung).

vom Nerveneinfluss.

5. Constatirt ist endlich ein Einfluss des Nervensystemes auf den Stoffwechsel der Gewebe. Zweifellos ist dieser Einfluss ein doppelter, nämlich einmal kann er indirect durch Vermittelung der Gefässe wirksam sein, indem nämlich die Gefässnerven eine Verengerung oder Erweiterung der Gefässe hervorrufen, können sie durch Vermehrung oder Beschränkung der durchströmenden Blutmasse, oder des Blutdruckes einwirken. In dieser Beziehung ist auch besonders auf pathologische Zustände, abnorme Erregnng oder Lähmung der Gefässnerven oder ihrer Centren hinzuweisen. — Allein auch unabhängig von den Gefässen beherrschen wahrscheinlich gewisse besondere Nerven, die man trophische genannt hat, den Stoffwechsel in den Geweben (vgl. trophische Nerven). Beispiele des direct von den Nerven hervorgerufenen Stoffumsatzes in den Geweben sind: Absonderung des Speichels durch Nervenreizung nach Ausschaltung des Kreislaufes (pg. 268), Stoffumsatz bei der Contraction blutloser Muskeln. — Vermehrte Athmung sowie Apnoe hat keine vermehrte Oxydation zur Folge (Pflüger).

246. Ueber Regeneration.

Der Ersatz verloren gegangener Theile findet sich in den verschiedenen Organen sehr verschieden ausgebildet.

Regeneration bei niederen Thieren.

Unter den niederen Thieren ist der Wiederersatz sehr viel verbreiteter als bei den Warmblütern. Eine Zerschneidung des kleinen Süsswasserpolypen (Hydra) hat die Ausbildung zweier neuer Individuen zur Folge; ja es wächst aus jedem abgeschnittenen Stück ein ganzes Wesen hervor, vorausgesetzt, dass nur vom eigentlichen Körperstamm des Thieres ein Stück in dem abgelösten vorhanden ist (Spalanzani). Auch die Planarien zeigen eine ähnliche Regenerationskraft (Dugès). Spinnen und Krebse ersetzen abgeschnittene Fühler, Beine und Scheeren; Schnecken Theile des Kopfes sammt den Fühlern und Augen, sofern das centrale Nervensystem unverletzt war. Manche Fische vermögen sogar wiederholt zerstörte Flossen, zumal die Schwanzflosse, zu ersetzen. Salamander und Eidechsen zeigen Wiederwachsen des ganzen verlorenen Schwanzes mit Knochen, Muskeln und sogar dem hintersten Theile des Rückenmarkes; bei Tritonen ersetzen sich abgeschnittene Beine, der Unterkiefer, das Auge; nach Aristoteles auch noch die angestochenen Augen junger Schwalben. Soll jedoch dieser Wiederersatz statthaben, so ist mindestens ein Stumpf übrig zu lassen; totale Exstirpation dieser Theile vernichtet die Regeneration (Philippeaux). Bei jungen Eidechsen kann sogar seitliches Einkerben des Schwanzes ein Hervorwachsen eines zweiten Schwanzes aus der Wunde bewirken.

Regeneration bei Warmblütern:

Viel beschränkter ist die Regenerationskraft bei den Warmblütern und beim Menschen; auch ist sie hier vornehmlich nur dem jugendlichen Alter eigen. Eine wahre Regeneration zeigen:

Blut,

1. Das Blut (vgl. 13, pg. 26; 48, pg. 73) und zwar zuerst das Plasma, dann die weissen und schliesslich auch die rothen Blutkörperchen.

Epithelien,

2. Die Epidermoidalgebilde und Epithelien der Schleimhäute ersetzen sich, so lange noch ihr normaler Mutterboden (Matrix), auf welchem sie wachsen, und die tiefste Lage bildungsfähigen Zellprotoplasmas nicht mit zerstört ist. Hat letzteres stattgefunden, so hört die Regeneration auf; alsdann muss von den Rändern der Lücke aus der Ersatz erfolgen. Beim Wiederersatz geht daher stets das Wachsthum entweder von den tiefen Lagen, oder nach Zerstörung dieser von den Rändern aus; es entstehen hier theils sich loslösende protoplasmatische Wanderzellen, die zum Ersatz in die Lücken einrücken; theils wächst die tiefste Zellschicht zu grossen vielkernigen Protoplasmazellen aus, die sich durch Theilung zu polygonalen platten kernhaltigen Zellen vermehren (Klebs, Heller). — Der Nagel wächst vom hinteren Nagelfalz nach vorn: an den Fingern in 4 bis 5 Monaten, an der grossen Zehe in gegen 12 Monaten (an Extremitäten mit Knochenbrüchen angeblich langsamer). Seine Matrix reicht soweit wie die Lunula; ihre ganze oder theilweise Zerstörung bedingt entsprechenden Verlust des Nagels. — Die Augenwimpern wechseln in 100—150 Tagen (Donders), die übrigen Haare langsamer. Verödung der Papille im Haarbalg zerstört den Wiederersatz. Beschneiden beschleunigt den Haarwuchs, doch wachsen beschnittene Haare nicht länger als unbeschnittene: nach einem gewissen ununterbrochenen Wachsthum fällt das Haar aus. Nie wächst das Haar an der Spitze (Aristoteles). Die Epithelien der Schleimhäute und der Drüsen scheinen einem regelmässigen Turnus in der Abnutzung und dem Wieder-

Nägel, Haare, Schleimhaut und Drüsenzellen.

ersatze neuer Zellen unterworfen zu sein. In der Milchdrüse ist sogar das theilweise Abstossen von Secretionszellen (siehe Milch), der sogenannten Colostrumkörperchen, und ihr Wiederersatz sehr evident; bei der Regeneration der Samenfäden findet ein Ersatz seitens der Spermatoblasten statt. — In katarrhalischen Zuständen findet auf den Schleimhäuten eine vermehrte Abstossung und Neubildung von Epithelien statt neben reichlicher Bildung indifferenter Bildungszellen (Schleimkörperchen). — Die Krystalllinse, welche ein eingestülptes und selbstständig gewordenes Epidermissäckchen darstellt, regenerirt sich wie die Epithelialgebilde: ihre Matrix ist die vordere Kapselwand mit den hier liegenden einschichtigen Zellen. Wird die Linse mit Erhaltung dieser entfernt, so findet ein Wiederersatz statt, indem die zelligen Elemente zu Linsenfasern sich wieder verlängern und den ganzen Hohlraum der leeren Kapsel ausfüllen.

Gefässe,

3. Die Blutgefässe zeigen umfassende Regeneration; sie erfolgt wie ihre Bildung überhaupt, über welche (pg. 27 B) bereits berichtet ist. Es entstehen stets zuerst Capillargefässe, um welche sich weiterhin an denjenigen Strecken, die zu Arterien oder Venen werden sollen, von aussen die charakteristischen Gewebselemente herumlagern. Bei Verletzung oder dauernder Verstopfung eines Gefässes wird mindestens stets die Strecke bis zum nächsten Collateralgefäss hin völlig obliterirt.

Muskeln,

4. Die contractile Substanz der Muskelfasern kann eine Regeneration erfahren, wenn dieselbe durch degenerative Processe entartet war. So zeigt es sich nach der sogenannten wachsartigen Entartung, wie sie nicht selten nach Typhus und anderen schweren Fiebern beobachtet wird. Diese besteht in einer Verdrängung und Veränderung des contractilen Inhaltes der Fasern durch Vermehrung der Muskelkörperchen. — An den durch subcutane Wunden verletzten Fasern sah Neumann vom 5. bis 7. Tage eine knospenartige Verlängerung der zerschnittenen Enden, anfangs ohne Querstreifung, die sich jedoch später einstellte. — Grössere freiliegende Substanzverluste der Muskeln oder klaffende Wunden werden nur durch narbiges Bindegewebe ausgefüllt.

Nerven,

5. Wird aus einem Nervenstamme ein Stück herausgeschnitten, so entartet zuerst das periphere Ende des Nerven fettig, indem Mark und Axencylinder in Fettkörnchen sich auflösen. Die Lücke füllt sich zunächst mit saftreichem Bindegewebe. Vom Ende der zweiten Woche aber wachsen von beiden Stümpfen aus Axencylinder (die in dem peripherischen innerhalb der Schwann'schen Scheiden neu gebildet sind) einander durch das Bindegewebe hindurch entgegen und vereinigen sich in 6—8 Wochen vollkommen mit einander. Später umgeben sich die vereinten Nervenfäden mit Nervenmark. — Regeneration von peripheren Ganglienzellen sind nicht bekannt. — Dagegen sah Voit bei einer Taube mit exstirpirtem Grosshirn nach 5 Monaten eine regenerirte Nervenmasse im Schädel, die aus markhaltigen Fasern und centralen Ganglien bestand.

Drüsen, 6. Entfernte Stücke der verschiedenen Drüsen regeneriren sich nicht. Merkwürdig ist die Wiedererzeugung der Gallengänge (pg. 313), des Ductus choledochus, sowie des pancreatischen Ganges (pg. 310). Nach Philippeaux soll nach theilweiser Ausschneidung der Milz sich dieselbe wieder ersetzen. (Ueber vicariirende (?) Bildungen nach totaler Milz-Exstirpation vgl. pg. 203.)

Knorpel, 7. Unter den Stützsubstanzen scheint der Knorpel, sofern nur sein Perichondrium unverletzt blieb, sich zu regeneriren durch Theilungsvermehrung der Knorpelzellen (Legrand, Ewetzky, Schklarewsky); wohl am häufigsten werden aber Substanzverluste durch Bindegewebe ausgefüllt.

Knochen. 8. Merkwürdig ist die Regeneration am Knochen. Wird ein Gelenkende sammt der zunächst anstossenden Partie resecirt, so kann sich dieses wieder ersetzen; doch bleibt eine messbare Verkürzung zurück. — Ein isolirtes Stück Periost, eventuell sogar an eine andere Körperstelle verpflanzt, erzeugt eine entsprechend grosse Knochenlage. — Knochendefecte werden bei erhaltenem Perioste leicht durch Knochenmasse wieder ausgefüllt, weshalb der Chirurg bei Resection kranker Knochen behutsam das Periost schont, da er von ihm Wiederersatz des Knochens erhofft.

Heilung von Knochenbrüchen. Hat der Knochen, z. B. ein Röhrenknochen, eine Fractur erlitten, so bildet sich zuerst an der äusseren Oberfläche eine die Bruchstelle umgebende ringförmige verdickte Ablagerung, anfangs von mehr gallertigem gefässreichen, später von festerem, knorpelähnlichen Gefüge: der äussere Callus. Eine ganz ähnliche Bildung findet gleichzeitig statt im Innern der Markhöhle, so dass letztere hier eine Einengung erleiden muss: innerer Callus. Diese Bildungen verdanken theils einer entzündlichen Bindegewebswucherung ihr Entstehen (ähnlich der unten beschriebenen), zum Theil nehmen die sich vermehrenden Osteoblasten des Periostes und die Zellen der Auskleidung der Markhöhle daran Theil.

Im äusseren und inneren Callus kommt es weiterhin zur Ablagerung von Knochenlamellen, die als Ringe die Bruchenden fixiren. Später (bis zum 40. Tage schliesslich) bildet sich auch zwischen den Bruchenden selbst eine dünne Lage derselben Masse, die später verknöchert (intermediärer Callus). Mit der definitiven Erhärtung dieses letzteren wird die Knochenmasse des äusseren und inneren Callus allmählich wieder zurückgebildet: äusserlich schwindet die Auftreibung, im Innern erweitert sich wieder das Markrohr gleichmässig und der intermediäre Callus nimmt schliesslich dieselbe Architektur an, wie die anstossenden Theile sie zeigen. — Knochenbrüche, gegen welche hin der Verlauf der Vasa nutritia ossis gerichtet ist, sollen relativ leichter und schneller heilen.

In Bezug auf das Wachsthum und den Stoffwechsel der Knochen sind noch eine Anzahl interessanter Beobachtungen zu nennen: 1. Sehr geringe Mengen Phosphor (Wegner) oder arseniger Säure (Maas) dem Futter zugesetzt, erzeugen bedeutende Verdickungen der Knochen. Diese scheinen daher zu rühren, dass die bei normalem Knochenwachsthum zur Resorption gelangenden Knochentheile (z. B. die Wände der Markhöhle) nicht zur Einschmelzung gelangen, sondern erhalten bleiben, während stets neuer Zuwachs erfolgt (Maas). — 2. Der völlige Ausschluss von Kalk in der Nahrung macht die Knochen dünner, wobei alle Theile, auch die organische Grundlage, des Knochens einem gleichmässigen Schwunde anheimfallen (Chossat, A. Milne-Edwards). — 3. Genuss von Krapp (Färberröthe) macht die Knochen roth, indem sich der Farbstoff gleichzeitig mit den Kalksalzen in dem Knochengewebe niederschlägt. (Bei Vögeln färbt sich ebenso die Eierschale.) — Ueber das normale Wachsthum der Knochen, wird bei der Histiogenese gehandelt.

An allen Körperstellen, an denen Substanzverluste sich nicht durch das gleiche Gewebe wieder zu ersetzen vermögen, wird die vorhandene Lücke durch narbiges Bindegewebe ausgefüllt.

Regeneration durch Bindegewebe: Narbenbildung.

Dort, wo dem Bindegewebe diese Rolle zufällt, kommt es zunächst zu einer entzündlichen Schwellung und Durchtränkung mit Plasma.

Die Gefässe erweitern sich, sind strotzend gefüllt und trotz des verlangsamten Blutlaufes ist der Wechsel der gesammten Blutmasse in ihnen grösser. Zugleich vermehren sich nun die Gefässe durch Neubildung. Aus denselben kommt es zur Auswanderung weisser Blutzellen (pg. 33), die sich weiterhin durch Theilung vermehren können. Viele von diesen gehen später durch fettige Entartung wieder dem Zerfalle entgegen. Zahlreiche von ihnen aber verwandeln sich durch Aufnahme von Bildungsmaterial aus der Umgebung zu doppelt so grossen einkernigen Protoplasmazellen. (Durch Aufnahme weiteren Materiales gehen aus letzteren zum Theil sehr grosse vielkernige „Riesenzellen" hervor, welche vielleicht so entstanden sind, dass die Protoplasmazellen von aussen her Lymphoidzellen in sich aufnehmen [Ziegler, Cohnheim]). Die neugebildeten Blutgefässe ertheilen allen diesen reichlichen Zellenbildungen das Ernährungsmaterial (ohne welches sie dem fettigen Zerfall anheimfallen würden). Vor allen aber sind es die einzelligen Protoplasmazellen von der doppelten Grösse der weissen Blutkörperchen, welche weiterhin Fortsätze auswachsen lassen, sternförmig werden und sich in Bindegewebsfibrillen schliesslich zerspalten, so dass ihr Protoplasma fast ganz in eine fibrillenbildende Intercellularsubstanz übergeht, während ihr Kern mit einer nur geringen Rinde übriggebliebenen Protoplasmas zum fixen Bindegewebskörperchen wird. (Die Riesenzellen, welche eigentlich hypertrophische Bildungszellen sind [Cohnheim], gehen theils fettig zu Grunde.) Im weiteren Verlaufe nimmt die Zahl und der Umfang der Gefässe in diesem Gewebe wieder ab, es wird saftärmer und es entsteht schliesslich wahres Bindegewebe.

Der geschilderte Bildungsvorgang entwickelt sich an allen Stellen, an welchen Substanzverluste in Geweben sich durch Bindegewebe ausfüllen. An der freien Körperfläche wächst (aus Wunden und Geschwüren) nicht selten das neugebildete gefässreiche Gewebe über das Niveau zunächst hinaus (Caro luxurians), tritt aber bald (nach Anwendung constringirender Mittel auf die Gefässe) erblassend zur ebenen Fläche zurück, und erzeugt schliesslich, nachdem sich auf der freien Fläche ein abschliessender Epidermis-Zellenbelag entwickelt hat, — die Narbe. Die überziehenden Epithelien wachsen von den anstossenden gesunden Epidermisrändern und zwar aus deren Rete Malpighi über das Granulationsgewebe als deckende Lage hinweg.

Heilung per primam aut per secundam intentionem.

Ist die Continuität eines Gewebes durch eine Verwundung, etwa durch Schnitt getrennt, so kann nach sorgfältiger Gegeneinanderlagerung der getrennten Flächen eine Vereinigung beider direct und ohne Entzündung wieder erfolgen: (Restitutio per primam intentionem). Die Flächen verkleben zunächst durch Blutplasma und weiterhin wird ein directes Verwachsen der Theile beobachtet. Durchschnittene Blutgefässe gehen jedoch nie eine Wiedervereinigung zu einem Blutcanale ein. Die Schnittflächen der Nerven heilen zwar direct an einander, aber es erfolgt keine directe physiologische Wiederherstellung. (Siehe Regeneration der Nerven). — Ueberall, wo keine directe Vereinigung erfolgt, kommt es unter Entzündung und Eiterbildung zur Entwicklung eines narbigen Zwischengewebes (R. per secundam intentionem; — siehe oben).

247. Ueberpflanzung von Geweben.

Ueberpflanzung gelingt nur bei derselben Art.

Mit scharfen und reinen Schnittflächen abgetrennte Nasen, Ohren, selbst Finger hat man sogar noch nach Verlauf von Stunden wieder anheilen sehen, ein Beweis, dass das Leben abgetrennter Gewebe noch eine Zeit lang sich zu erhalten vermag. — Vielfältig von Chirurgen geübt wird die Ueberpflanzung von Hautlappen zur Ausfüllung vorhandener Defecte.

Haut.

Den zur Ueberpflanzung bestimmten, von der unteren Fläche losgelösten Lappen lässt man zunächst noch mit einem Stiele mit seiner heimatlichen Haut in Verbindung, näht dann die Ränder mit den angefrischten Rändern des

Defectes genau zusammen und durchschneidet erst den Stiel, nachdem die zusammengefügten Ränder gut verheilt sind. So kann man z. B. eine neue Nasenhaut bilden aus der Rückenhaut eines anderen Menschen, oder aus der Armhaut desselben, oder aus der Stirnhaut. — Zur Ueberhäutung grosser granulirender (vorher sorgfältig gereinigter) Geschwürsflächen legt Reverdin unter Druck zahlreiche schnell abgeschnittene Cutisläppchen von Bohnengrösse auf die Granulationen, mit denen sie verwachsen. Von den Rändern dieser Läppchen überziehen neugebildete sich ausbreitende Epidermislager die grosse Geschwürsfläche. — Beim Hahn kann man die abgeschnittenen Sporen in die Kopfhaut einwachsen lassen. — Bert brachte enthäutete Schwänze und Füsse von Ratten unter die Rückenhaut anderer: dieselben heilten ein, zeigten Gefässcommunication mit dem benachbarten Gewebe und wuchsen sogar in ihren knöchernen Theilen: selbst 3 Tage vorher abgeschnittene zeigten dasselbe. — Losgelöste und an anderen Stellen verpflanzte Perioststücke heilen gleichfalls ein und entwickeln sogar Knochen (Ollier). — Auch Blut und Lymphe lässt sich übertragen (vgl. Transfusion 107, pg. 198). Alle diese Ueberpflanzungen gelingen jedoch nur zwischen Individuen derselben Species. Die meisten Gewebe sind jedoch gar nicht übertragungsfähig, wie Muskeln, Nerven, Drüsen, Sinnesorgane: sie können wohl an eine andere Körperstelle oder in die Bauchhöhle versetzt dort ohne entzündliche Reaction verweilen, allein sie verhalten sich wie andere Fremdkörper.

Grössere Theile.

Nicht übertragbare Gewebe.

248. Zunahme der Grösse und des Gewichtes im Wachsthume.

Längenwachsthum.

In der ersten Zeit nach der Geburt zeigt die Körperlänge, die im Mittel $\frac{1}{3,5}$ des Erwachsenen beträgt, die schnellste Zunahme: im ersten Jahre etwa 20, im zweiten noch 10, im dritten gegen 7 Cmtr.; vom 5.—16. Jahre ist weiterhin die jährliche Zunahme (gegen $5\frac{1}{2}$ Cmtr.) ziemlich gleich gross. Mit Beginn der Zwanziger-Jahre zeigt sich nur noch ein sehr geringes Wachsthum. Vom 50. Jahre an nimmt die Körpergrösse, hauptsächlich wegen der Verdünnung der Intervertebralscheiben wieder ab; die Abnahme kann bis zum 80. Jahre bis gegen 6—7 Cm. betragen. Das Körpergewicht (gegen $\frac{1}{20}$ des des Erwachsenen) sinkt in den ersten 5—7 Tagen nach der Geburt constant etwas wegen der Ausleerung des Meconiums und der anfangs nur geringen Nahrungsaufnahme.

Gewichtszunahme.

Weiterhin ist die Zunahme des Gewichtes der der Körperlänge in den entsprechenden Zeiten überlegen. Im ersten Jahre verdreifacht sich das Gewicht. Beim Manne ist gegen das 40. Jahr der Höhepunkt erreicht. Gegen das 60. Jahr beginnt wegen der rückschreitenden Ernährungsprocesse im Alter eine Gewichtsabnahme, die bis zum 80. Jahr gegen 6 Kilo ausmachen kann. — Genaueres zeigt die folgende Tabelle:

Alter	Länge (Cmtr.)		Gewicht (Kilo)		Alter	Länge (Cmtr.)		Gewicht (Kilo)	
	Mann	Weib	Mann	Weib		Mann	Weib	Mann	Weib
0	49,6	48,3	3,20	2,91	15	155,9	147,5	46,41	41,30
1	69,6	69,0	10,00	9,30	16	161,0	150,0	53,39	44,44
2	79,7	78,0	12,00	11,40	17	167,0	154,4	57,40	49,08
3	86,0	85,0	13,21	12,45	18	170,0	156,2	61,26	53,10
4	93,2	91,0	15,07	14,18	19	170,6	—	63,32	—
5	99,0	97,0	16,70	15,50	20	171,1	157,0	65,00	54,46
6	104,6	103,2	18,04	16,74	25	172,2	157,7	68,29	55,08
7	111,2	109,6	20,16	18,45	30	172,2	157,9	68,90	55,14
8	117,0	113,9	22,26	19,82	40	171,3	155,5	68,81	56,65
9	122,7	120,0	24,09	22,44	50	167,4	153,6	67,45	58,45
10	128,2	124,8	26,12	24,24	60	163,9	151,6	65,50	56,73
11	132,7	127,5	27,85	26,25	70	162,3	151,4	63,03	53,72
12	135,9	132,7	31,00	30,54	80	161,3	150,6	61,22	51 52
13	140,3	138,6	35,32	34.65	90	—	—	57,83	49,34
14	148,7	144,7	40,50	38,10					

(Meist nach Quetelet).

Uebersicht der chemischen Bestandtheile des Organismus.

249. A) Anorganische Bestandtheile.

I. Wasser: Im ganzen Körper zu 58,5%; in den verschiedenen Geweben sehr verschieden reichhaltig vertreten: das wasserreichste Gewebe besitzen die Nieren, 82,7%, — das wasserärmste die Knochen 22%, Zähne 10% und der Zahnschmelz 0,2%. — Nach Einigen soll auch Wasserstoffsuperoxyd (H_2O_2) im Körper vorkommen. _ Vgl. pg. 332 *Wasser.* *H_2O_2*

II. Gase: O, — O (Ozon), — H, — N, — CO_2 (pg. 58), — CH_4 (Grubengas pg. 241, 9), — NH_3 (Ammoniakgas) (pg. 241, 8), — H_2S (Schwefelwasserstoff. Vgl. pg. 332). *Gase.*

III. Salze: Na Cl. Chlornatrium — K Cl. Chlorkalium, — NH_4 Cl. Chlorammonium, — Ca Fl_2. Fluorcalcium, — CNa_2O_3. Natriumcarbonat, — CH Na O_3. Natriumbicarbonat, — C Ca O_3. Calciumcarbonat, — P Na_3 O_4. phosphorsaures Natrium, — P Na_2 HO_4. saures phosphorsaures Natrium, — PK_2 HO_4. saures phosphorsaures Kalium, — P_2 Ca_3 O_8. dreibasisch phosphorsaures Calcium — P_2 Ca H_4 O_8. saures phosphorsaures Calcium, — P Mg_3 O_4. phosphorsaures Magnesium, — S Na_2 O_4. schwefelsaures Natrium, — S K_2 O_4. schwefelsaures Kalium. *Salze.*

IV. Freie Säuren: H Cl. Chlorwasserstoffsäure (pg. 297) [und SO_2 $(OH)_2$ Schwefelsäure (pg. 338) im Speichel einiger Schnecken]. *Säuren.*

V. Silicium (als Kieselsäure Si O_2), — Mangan, — Eisen, — (? Kupfer; vgl. 2 pg. 316, 4. — pg. 337, F.). *Basen.*

250. B) Organische Bestandtheile.

I. Die Eiweisskörper oder Proteinsubstanzen.

1. Die echten Albuminate.

Herkunft. Die aus C, H, N, O und S sich zusammensetzenden Eiweisskörper (Albuminate oder Proteinstoffe) werden dem thierischen Organismus durch die Nahrung von Seiten der Pflanzen zugeführt (vgl. pg. 12). Man trifft dieselben in allen thierischen Säften und fast allen Geweben an und zwar theils in flüssiger Form — (in welcher sich jedoch die Eiweissmoleküle nicht in wirklich gelöstem, sondern in einem Zwischenzustande zwischen Quellung und wahrer Lösung befinden (Brücke), — theils in mehr consistenterem, fest-weichen. Auf letzteren Zustand sind der Wassergehalt, sowie die Gegenwart von Alkali und von Salzen in den Gewebssäften von offenbarem Einflusse. *Form.*

Constitution. Die chemische Constitution ist völlig unbekannt: Der N scheint in zweierlei verschiedener Weise in ihnen gebunden zu sein, nämlich theils locker, der sich bei weiteren Zersetzungen leicht unter Ammoniakbildung abspaltet, theils fester (O. Nasse, Hlasiwetz, Habermann, Schützenberger). Nach Pflüger soll ein Theil des N der lebendigen eiweisshaltigen Körpertheile in Form von Cyan gebunden sein. Die Eiweisskörper bilden eine grosse Gruppe verwandter Substanzen, die vielleicht alle nur Modificationen desselben Körpers darstellen. Wenn man bedenkt, dass aus dem Casein der Milch der Säugling alle Albuminate seines wachsenden Leibes erzeugt, so drängt sich allerdings letztere Anschauung mit Nachdruck auf.

Kennzeichen. Die Eiweisskörper, die Anhydrite der Peptone (vgl. pg. 301), gehören zu den colloiden, nicht diffundirenden Substanzen; sie sind nicht krystallisirbar und deshalb schwer rein darzustellen, — sie drehen die Ebene des polarisirten Lichts nach links, — in der Flamme geben sie den Geruch verbrannten Hornes. Verschiedene Metallsalze und Alkohol schlagen sie aus ihrer Lösung nieder, durch verschiedene andere Einwirkungen, namentlich Hitze, Mineralsäuren, anhaltende Alkoholwirkung werden sie in eine feste Modification übergeführt: coagulirt. Kaustische Alkalien lösen sie (gelblich) auf, durch Säurezusatz werden sie aus dieser Lösung (S-ärmer, neben Bildung von Schwefelmetall) wieder niedergeschlagen.

Zersetzungen. Passende Einwirkungen von Säuren und Alkalien bringen als Zersetzungsproducte Leucin, Tyrosin, Asparaginsäure, Glutaminsäure hervor, weiterhin flüchtige fette Säuren, Benzoë- und Blausäure und Aldehyde der Benzoë- und fetten Säuren, auch Indol (Hlasiwetz, Habermann); auch die Pancreasverdauung (vgl. pg. 308) und die Fäulniss bewirken ähnliche Spaltungen (pg. 332).

Reactionen. **Reactionen:** 1. Mit Salpetersäure coagulirt und erhitzt färben sie sich gelb (Xanthoproteinsäure Mulder's); Zusatz von Alkali bewirkt sodann Röthung. — 2. Millon's Reagenz (salpetersaures Quecksilberoxyd mit salpetriger Säure) färbt, von 60° an erhitzt, roth (wahrscheinlich wegen Bildung von Tyrosin). — 3. Alkalische Lösungen mit Kupfersulphat versetzt werden tief violettblau. — 4. Aus der Lösung in concentrirter Essigsäure schlägt Ferro- oder Ferridcyankalium sie nieder. — 5. Concentrirte Chlorwasserstoffsäure löst sie beim Kochen violettroth. — 6. Von molybdänsäurehaltiger Schwefelsäure werden sie gebläut (Fröhde). — 7. Die Lösung in Eisessig wird durch concentrirte Schwefelsäure violett und zeigt den Absorptionsstreif des Hydrobilirubins (Adamkiewicz). — 8. Als gute mikroskopische Reagentien bemerke man Jod, (Vgl. pg. 24, 10), welches Eiweisskörper braungelb, — und Schwefelsäure und Rohrzucker, welche sie purpurviolett färben (E. Schultze).

251. Die thierischen Eiweisskörper und ihre Kennzeichen.

Serumalbumin. 1. Das Serumalbumin, dessen chemisch physikalischen Eigenschaften pg. 57 a, die physiologischen pg. 72, 2 nachzusehen sind.

Eieralbumin. 2. Das Eieralbumin, innerhalb der Vogeleier um den Dotter herum gewickelt, zeigt eine specifische Drehung des polarisirten Lichtes von — 35,5°. Nach Einspritzung in die Adern oder unter die Haut, selbst in grossen Mengen in den Darm gebracht, erscheint es theilweise unverändert im Harn. Schütteln mit Aether fällt dasselbe.

Paralbumin. 3. Paralbumin, in Ovariumcysten und Bauchwasser gefunden, wird durch Kochen nur unvollständig gefällt. — Der durch starken Alkohol bewirkte Niederschlag ist in Wasser wieder auflösbar, ebenso löst reichliche Essigsäure den durch wenig Essigsäure zuerst erzeugten Niederschlag. Wahrscheinlich ist das Paralbumin ein Gemenge von Albuminaten mit Schleimstoff und Colloidsubstanz (Hoppe-Seyler, Plósz, Obolensky).

Metalbumin. 4. Metalbumin, einmal von Scherer im Bauchwasser angetroffen, zeigt gleichfalls Auflösbarkeit des Alkoholniederschlages; doch wird es durch Essigsäure und Kaliumeisencyanür nicht präcipitirt.

Fibrin. 5. Faserstoff (Fibrin), siehe 31, pg. 49. Die denselben erzeugenden Substanzen siehe 33, pg. 52 u. f.

Myosin. 6. Myosin (Kühne), der spontan gerinnende flüssige Eiweisskörper der Muskeln (siehe Muskelphysiologie).

Alkali-Albuminate. Kalium und Natrium (auch Aetzkalk und Aetzbaryum) erzeugen (und zwar um so schneller, je concentrirter die Alkalilösung und je höher die Temperatur ist) mit den Eiweissstoffen Verbindungen, welche man Alkali-Albuminate (Lieberkühn) nennt. Sie zeigen besonders starke Circumpolarisation (Hoppe-Seyler), gerinnen nicht beim Kochen und werden aus ihrer Lösung durch Säuren, die das Alkali binden, niedergeschlagen. Vermischt man z. B. Eiereiweiss mit Aetzkalilösung, so bildet sich Kalialbuminat als allmählich gestehende Gallerte, die sich in (ausgekochtem) Wasser lösen lässt. Tritt zu dieser Lösung (aus der Luft) CO_2, oder gibt man etwas Essigsäure hinzu, so scheidet sich ein zäh elastischer dem Fibrin äusserlich ziemlich ähnlicher Körper ab, das Pseudofibrin (Brücke). In dünnen Alkalien ist letzteres, wie das Fibrin, langsam löslich; in Wasser und 1 pro mille Salzsäure quellen beide auf. Beide geben, nachdem sie durch künstliche Verdauungsflüssigkeit gelöst sind, nach Abstumpfung der hierzu nöthigen Säure einen Niederschlag. Das hiervon abfiltrirte Fluidum scheidet bei 70° erhitzt wohl aus dem Fibrinversuche, nicht aber aus dem Pseudofibrinpräparate Flocken von Eiweiss ab.

Pseudofibrin Brücke's.

Zu den Alkalialbuminaten gehört:

7. Das Casein, gelöst in der Milch (pg. 422) aller Säuger, welches durch Säurezusatz, sowie durch Lab bei 40° coagulirt. Das Casein ist reicher an N als das Alkalialbuminat (O. Nasse). *Casein.*

8. Wahrscheinlich ist auch das Globulin ein Alkalialbuminat, welches im Blute (pg. 46, 27), in der Linse (Krystallin) und anderen Geweben angetroffen wird. Der durch Säuren gebildete Niederschlag desselben ist durch O-Zuleitung wieder löslich. Als Modification desselben wird das Paraglobulin des Blutes aufgeführt. Der Umstand, dass in dem alkalisch reagirenden Blute nur so wenig Alkalialbuminat (pg. 58) vorhanden ist, rührt von der nicht hinreichend starken Concentration des Alkalis her (Brücke). *Globulin.*

Werden Eiweissstoffe in stärkeren Säuren, z. B. Chlorwasserstoffsäure, gelöst, so nehmen sie die Eigenschaften des sogenannten Acid- oder Säurealbumins (Panum) an, welches grosse Aehnlichkeit (auch die specifische Drehung) mit dem Alkalialbuminat hat. Aus der Lösung werden sie durch Einbringen vielen Salzes (Kochsalz oder Glaubersalz) gefällt, ebenso ruft Neutralisation durch Alkali Fällung hervor, nicht hingegen Siedhitze. Nach dem Erkalten der gekochten (concentrirten) Flüssigkeit ist diese gallertig geworden und wird beim Erhitzen wieder flüssig. Das Syntonin aus Muskeln ist gleichfalls ein Säurealbuminat. Nach Soyka unterscheiden sich die Alkali- und Acid-Albuminate nur insoweit, als der Proteinkörper einmal an der Basis (Metall) das andere Mal an Säure gebunden ist. *Säure-Albuminate.* *Syntonin.*

9. Das im Vogeldotter und ebenfalls in der Linse, vielleicht auch im Chylus (?) und im Fruchtwasser (?) (Weyl) vorkommende Vitellin (Hoppe-Seyler) ist in schwacher Kochsalzlösung löslich, durch Wasserüberschuss daraus wieder fällbar. Es lässt sich in Syntonin und Alkalialbuminat überführen; Alkohol coagulirt es. Zu nennen sind noch die in den Eiern in Form krystallinischer „Dotterplättchen" vorkommenden Ichthin (Knorpelfische, Frosch), Ichthidin (Knochenfische), Ichthulin (Lachs), Emydin (Schildkröte), (Valenciennes und Fremy); ferner die aus der Fleischflüssigkeit von Fischen von Limpricht durch Säuren gefällte Protsäure, endlich das (unverdauliche) Amyloid (Virchow) C 53,6, H 7, N 15, S 1,3, O 24,4%, theils in Form geschichteter Körnchen auf dem Gehirn und in der Prostata, theils (pathologisch) als glänzende Infiltration der Leber, Milz, Nieren, Gefässhäute anzutreffen, kenntlich an seiner Bläuung durch Jod und Schwefelsäure (ähnlich der Cellulose), und der Röthung durch Jod. Durch Alkalien und Säuren ist es schwer in Albuminate überführbar. *Vitellin und andere Dotter-albuminate.* *Amyloid.*

252. Anhang: Vegetabilische Eiweisskörper.

Die Pflanzen enthalten, wenngleich in entschieden geringerer Menge als die Thiere, Eiweisskörper verschiedener Art. Sie treten entweder in flüssiger (gequollener) Form auf, namentlich in den Säften der lebenden Pflanzen, oder in fester Form. In der Zusammensetzung und Reaction gleichen die Pflanzenalbuminate denen der Thiere. Man unterscheidet folgende Pflanzenalbuminate:

1. Das Pflanzenalbumin, in den meisten Pflanzensäften gelöst, dem flüssigen thierischen Eiweiss sehr ähnlich. Wäscht man Kleber des Weizenmehles mit Wasser aus, lässt das Amylon absetzen, und erhitzt nun das klare Fluidum zum Sieden, so coagulirt das lösliche Pflanzeneiweiss. *Pflanzen-eiweiss.*

2. Der Kleber (Gluten, Pflanzenfibrin), ist ein wichtiger Eiweisskörper des Getreides, dessen klebrige Eigenschaft es ermöglicht, dass aus dem mit Wasser versetzten Mehl ein zusammenhaltender Teig dargestellt werden kann. Aus Weizenmehl, das bis zu 17% enthalten kann, stellt man ihn durch anhaltendes Auswaschen des Teiges mit Wasser dar: so gewonnen ist er zähelastisch, grau, unlöslich in Wasser und Alkohol, löslich in verdünnten Säuren (z. B. 1 pro mille Salzsäure) und in Alkalien. — Der Kleber ist kein einfacher, sondern ein zusammengesetzter Eiweisskörper. Kocht man nämlich den Kleber mit Wasser aus, so erhält man eine klebrige firnissartige Masse aus demselben, das Gliadin (oder Pflanzenleim). Wird das so gewonnene Gliadin mit starkem Alkohol behandelt, so löst sich das Gliadin darin auf, aber es bleibt *Kleber.*

ungelöst übrig ein anderer schleimiger Körper: das Mucedin. Wird Kleber mit Alkohol digerirt, so lässt sich ein bräunlich-gelber Stoff ausziehen, das Gluten-Fibrin (Ritthausen).

Pflanzen-casein.

3. Das Pflanzen-Casein umfasst einige sehr wichtige Eiweissstoffe, welche sich vornehmlich in den Hülsenfrüchten (Leguminosen) finden. Diese Körper sind in Wasser wenig, leicht in dünnen Alkalien und in Lösungen von basisch-phosphorsaurem Kali löslich. Diese Lösungen werden (ähnlich dem Thier-Casein) durch Säuren oder Lab niedergeschlagen. Das Pflanzen-Casein enthält nicht von demselben trennbare Phosphorsäure. — Man unterscheidet unter den Pflanzen-Caseinen: a) Das Legumin in den Erbsen, Bohnen, Linsen (Einhof 1805); es reagirt sauer, ist unlöslich in Wasser, leicht löslich in verdünnten Alkalien und in sehr verdünnter Salzsäure oder in Essigsäure. — b) Den Pflanzen-Caseinkörper der Lupinen und Mandeln, der jedoch mit dem Legumin viele Aehnlichkeit hat, bezeichnet man als Conglutin (Ritthausen). Das Pflanzencasein ist wie das Thiercasein ein Alkalialbuminat, es wird wie dieses durch dieselben Agentien gefällt, durch Kochen gerinnt es nicht. Nach längerem Stehen an der Luft gerinnt die Lösung desselben unter Bildung von Milchsäure.

2. Die albuminoiden Körper.

Eigenschaften der Albuminoide.

Die albuminoiden Substanzen stehen den echten Albuminkörpern rücksichtlich ihrer Zusammensetzung und Abstammung nahe, sie sind ebenfalls unkrystallisirbare Colloidsubstanzen, einige von ihnen sind frei von S, die meisten jedoch sind nicht aschenfrei darstellbar. Ihre Reactionen und Zersetzungsproducte sind denen der Eiweisskörper ähnlich, einige liefern neben viel Leucin und Tyrosin zugleich Glycin und Alanin (Amidopropionsäure). Sie finden sich sowohl als organisirte Bestandtheile in dem Gewebe, als auch in flüssiger Form; ob dieselben durch Oxydation aus den Eiweisskörpern oder durch Synthese gebildet sind, ist unbekannt.

Mucin.

1. Mucin (Schleimstoff) ist S-frei; das aus der Submaxillaris gewonnene enthält in Procenten: C 52,31 — H 7,22 — N 11,84 — O 28,63 (Obolensky). Es verflüssigt sich in Wasser fadenziehend, „schleimig", und lässt sich filtriren. Durch Essigsäure wird es gefällt, ebenso durch Alkohol; der Alkoholniederschlag löst sich wieder in Wasser. Essigsäure und Kaliumeisencyanür geben keine Fällung, wohl aber Salpetersäure und andere Mineralsäuren (Scherer). Es findet sich im Speichel (pg. 272), in den Schleimdrüsen, sowie in den Secreten der Schleimhäute, in dem „Schleimgewebe" und in Sehnen (A. Rollet). Ausserdem trifft man es pathologisch nicht selten in Cysten; im Thierreiche besonders in Schnecken und in der Haut des Holothurien (Eichwald). Zersetzungen geben Leucin und 7% Tyrosin.

2. Pyin, im Eiter und krankhaften Ausschwitzungen, steht dem Mucin nahe.

Nucleïn.

3. Nucleïn (Miescher). (Vgl. pg. 365.) C 29 — H 49 — N 3 — P 3 — O 22 wenig in Wasser löslich, leicht in Ammoniak, kohlensauren Alkalien, starker Salpetersäure; es reagirt nicht auf Millon's Reagenz; bei seinen Zersetzungen spaltet sich P ab. Es findet sich in den Kernen der Eiter- und Blutkörperchen (pg. 46, 47), in den Samenkörpern, Dotterkugeln, endlich in Leber, Hirn, Milch.

Keratin.

4. Keratin in allen Horn- und Epidermoidalgebilden, C 50,3—52,5 — H 6,4—7 — N 16,2—17,7 — O 20,8—25 — S 0,7—5 Procente, nur in kochenden kaustischen Alkalien löslich, in kalter und in concentrirter Essigsäure quellend. Durch Schwefelsäure zersetzt gibt es 10 Procente Leucin und 3,8 Procente Tyrosin.

Fibroin.

5. Fibroin in starken Alkalien und Mineralsäuren, sowie in Kupfersulphatammonium löslich; mit Schwefelsäure gekocht liefert es 5 Procent Tyrosin, Leucin, Glycin. Es ist Hauptbestandtheil der Seidengespinnste der Insecten und Spinnen. (Durch langes Kochen wird aus Seide der Seidenleim (Sericin) gewonnen, O- und H_2O-reicher als das Fibroin. Mit Schwefelsäure behandelt gibt es neben Leucin, Tyrosin das Serin, eine krystallisirte Amidosäure.)

6. Das dem Fibroin ähnliche Spongin der Badeschwämme gibt als Zersetzungsproducte Leucin und Glycin (Städeler). *Spongin.*

7. Elastin, Grundstoff aller elastischen Gewebselemente, nur in concentrirter Kalilauge gekocht löslich (C 55—55,6 — H 7,1—7,7 — N 16,1—17,7 — O 19,2—21,1 Procente), es liefert 36—45 Procente Leucin neben $^1/_8$ Procent Tyrosin. *Elastin.*

8. Glutin, aus allen Stützsubstanzen durch Kochen mit Wasser als „Leim" darstellbar, welcher erkaltend gelatinirt (C 50,2—50,7 — H 6,6—7,2 — N 17,9—18,8 — S + O 23,5—25 — (S 0,6) Procente), er ist stark linksdrehend. Langes Kochen und Verdauung führen ihn in einen nicht gelatinirenden peptonähnlichen Zustand über. Ein glutinähnlicher Körper findet sich im leukämischen Blute und im Milzsafte (pg. 203). *Glutin.*

9. Chondrin (Joh. Müller), der durch Kochen aus hyalinen Knorpeln und der Hornhaut erhaltene „Knorpelleim"; auch im Mantel der Weichthiere angetroffen. (C 49,5—50,9 — H 6,6—7,1 — N 14,4—14,9 — S + O 27,2—29 (S 0,4) Procente.) Es liefert mit Schwefelsäure gekocht Leucin; mit Salzsäure und bei der Verdauung Chondroglycose (Meissner); es gehört also zu den N-haltigen Glycosiden. *Chondrin.*

Folgende Eigenschaften des Glutins und Chondrins sind bemerkenswerth:

Reagenz	Glutin	Chondrin
Säuren	fällen nicht	Essigsäure, verdünnte Salz- und Schwefelsäure fällen.
Gerbsäure, Quecksilberchlorid	fällen	machen geringe Opalescenz.
Chlorwasser, Platinchlorid	fällen	
Alaun, Silber-, Eisen-, Kupfer-, Blei-Salze	fällen nicht	fällen stark.
Kaliumeisencyanür und -Cyanid	fällen nicht	
Alkohol	fällt, Niederschlag in Wasser löslich	
Drehung	— 130°	— 213°.

10. Die hydrolytischen Fermente. *Die hydrolytischen Fermente.*

a) Zuckerbildende im Speichel (pg. 273), Pancreassaft (pg. 307), Darmsaft (pg. 326 B.), Galle (pg. 326 B.), Blut (pg. 46), Leber (pg. 315).

b) Eiweissspaltende im Magensaft, Muskeln, (Pepsin, pg. 297), Pancreassaft (Trypsin, pg. 308), Darmsaft (pg. 329).

c) Fettzerlegendes im Pancreassaft (pg. 309).

11. Den Albuminoiden kann man auch zurechnen das eisenhaltige gefärbte Hämoglobin (pg. 35).

3. N-haltige Glycoside.

Ausser dem Chondrin sind noch folgende N-haltige Glycoside zu beachten, die sich bei hydrolytischer Behandlung in Zucker und andere Atomgruppen unter Wasseraufnahme spalten:

Cerebrin (siehe Nervensystem). = $C_{17}H_{33}NO_3$ *Cerebrin.*

Chitin ($C_9H_{15}NO_6$), N-haltiges Glycosid im Panzer aller Gliederthiere, auch im Darm und den Tracheen derselben, in concentrirter Salz- oder Salpetersäure löslich. Ihm steht nahe das Hyalin der Blasenwürmer. (Zu den Glycosiden des Pflanzenreiches gehören noch das Solanin, Amygdalin, Salicin u. A..) *Chitin.*

4. N-haltige Farbstoffe.

Dieselben sind von unbekannter Constitution und kommen allein bei Thieren vor. Mit grosser Wahrscheinlichkeit sind sie alle Abkömmlinge des Hämoglobins; es sind: 1. Das Hämatin (pg. 42) und Hämatoidin (pg. 45). — 2. Die Gallenfarbstoffe (pg. 319). — 3. Die Harnfarbstoffe (ausser Indican). — 4. Das Melanin C 44,2, H 3, N 9,9, O 42,6 (Hosaeus) oder das schwarze Pigment, theils in Epithelien (Chorioidea, Iris, tiefe Epidermiszellen der farbigen Rassen), theils in Bindegewebskörperchen (Lamina fusca der Chorioidea). *N-haltige Farbstoffe.*

II. Organische N-freie Säuren.

Fette Säuren. 1. **Die Fettsäuren**, nach der Formel $C_n H_{2n-1} O (OH)$ gebaut, finden sich im Körper theils frei, theils gebunden. Frei trifft man flüchtige Fettsäuren in sich zersetzenden Hautabsonderungen (Schweiss). Gebunden erscheint die Essigsäure und Capronsäure als Amidoverbindung in Glycin (= Amidoessigsäure) und Leucin (= Amidocapronsäure). Vornehmlich aber finden sich die Fettsäuren mit Glycerin zu neutralen Fetten vereint, aus denen bei der Pancreasverdauung die Fettsäuren wieder abgespaltet werden (pg. 309).

Oelsäure. 2. **Die Säuren der Acrylsäure-Reihe**, nach der Formel $C_n H_{2n-3} O (HO)$ gebaut, geben dem thierischen Organismus allein nur eine Säure, nämlich die Oelsäure. Auch diese bildet mit Glycerin das neutrale Fett: Olein. — Wir besprechen an dieser Stelle nun zweckmässig die neutralen Fette, zu deren Bildung sowohl die Fettsäuren, als auch die Oelsäure verwendet werden.

253. Fette.

Die neutralen Fette. Die Fette kommen vorzugsweise reichlich im Thierkörper, aber auch wohl in allen Pflanzen vor, bei letzteren vornehmlich in den Samen (Nuss, Mandel, Cocus, Mohn), seltener im Fruchtfleisch (Olive) oder in der Wurzel. Sie werden durch Auspressen, Ausschmelzen oder durch Ausziehen mit Aether oder kochendem Alkohol gewonnen. Sie besitzen einen geringeren Gehalt an O, als die Kohlehydrate. Auf Papier bewirken sie charakteristische Fettflecken; mit Colloidsubstanzen geschüttelt liefern sie eine Emulsion. Werden neutrale Fette mit Wasser überhitzt oder mit gewissen Fermenten (pg. 309) behandelt, *Constitution derselben.* so zerlegen sie sich unter Aufnahme von H_2O in Glycerin und freie Fettsäure, von denen die letztere, falls sie flüchtig ist, einen ranzigen Geruch verbreitet. Mit kaustischen Alkalien behandelt, nehmen sie gleichfalls H_2O auf und werden in Glycerin und fette Säure zerlegt: Die Fettsäure bildet mit dem Alkali eine salzartige Verbindung (Seife), das Glycerin wird frei. Die Seifenlösungen lösen ihrerseits Fette auf. — Das Glycerin, ein 3atomiger Alkohol, $C_3 H_5 (OH)_3$ verbindet sich 1. mit folgenden einbasischen Fettsäuren (von denen die im Körper vorkommenden gesperrt gedruckt sind):

1. Ameisensäure: $CHO (OH)$.
2. Essigsäure: $C_2H_3O (OH)$.
3. Propionsäure: $C_3H_5O (OH)$.
4. Buttersäure: $C_4H_7O (OH)$.
5. Baldriansäure: $C_5H_9O (OH)$.
6. Capronsäure: $C_6H_{12}O_2$.
7. Oenanthylsäure: $C_7H_{14}O_2$.
8. Caprylsäure: $C_8H_{16}O_2$.
9. Pelargonsäure: $C_9H_{18}O_2$.
10. Caprinsäure: $C_{10}H_{20}O_2$.
11. Laurostearinsäure: $C_{12}H_{24}O_2$.
12. Myristinsäure: $C_{14}H_{28}O_2$.
13. Palmitinsäure: $C_{16}H_{32}O_2$.
14. Stearinsäure: $C_{18}H_{36}O_2$.
15. Arachinsäure: $C_{20}H_{40}O_2$.

Die Säuren bilden eine homologe Reihe nach der Formel $C_n H_{2n-1} O (OH)$. Mit jedem hinzutretenden CH_2 nimmt ihr Siedepunkt um 19° zu. Die C-reicheren sind consistent und verflüchtigen sich nicht; die C-ärmeren (bis inclusive Caprinsäure) sind ölig-flüssig und flüchtig, schmecken brennend sauer, riechen ranzig.

2. Ausserdem verbindet sich das Glycerin mit den einbasischen Oelsäuren, die ebenfalls eine Reihe bilden und in inniger Beziehung zu den Fettsäuren stehen. Ihre allgemeine Formel ist $C_n H_{2n-3} O (OH)$; sie besitzen also alle 2 H weniger als die correspondirenden Glieder der Fettsäurereihe. Durch passende Proceduren kann man aus den Oelsäuren die correspodirenden fetten Säuren erhalten, und auch umgekehrt entstehen Oelsäuren aus correspondirenden Fettsäuren. Im Organismus findet sich von allen nur die Oelsäure (Olein-, Elainsäure) $C_{18}H_{34}O_2$; mit Glycerin verbunden liefert sie das flüssige Olein (Gottlieb 1846). — Ausserdem kommt Oelsäure an Alkalien (in Seifen) gebunden *Lecithine.* vor, und (wie auch einige Fettsäuren) in den Lecithinen. (Vgl. pg. 46, III.) Werden letztere mit Barythydrat zersetzt, so treten nämlich unlösliches, stearinsaures, oder ölsaures, oder auch palmitinsaures + ölsaures Baryum auf neben gelösten neurin- und glycerinphosphorsaurem Baryum. Es scheint nämlich ver-

schiedene Lecithine zu geben, von denen die mit dem Stearinsäure- und die mit dem Palmitin- + Oelsäure-Radical am häufigsten sind (Diakonow).

Die neutralen Fette, die Glyceride der Fettsäuren und der Oelsäure sind 3fache Aether des 3atomigen Alkohols Glycerin. — An die neutralen Fette schliesst sich die Glycerinphosphorsäure, ein saurer Glycerinäther durch Vereinigung von Glycerin mit Phosphorsäure unter Abgabe von 1 Mol. Wasser entstanden ($C_3H_9PO_6$); sie ist ein Zersetzungsproduct des Lecithins (pg. 46). — Im Wallrath (Cetaceum), aus der Kopfhöhle einiger Wale, findet sich vornehmlich Palmitinsäure-Cetyläther.

Glycolsäuren

3. **Die Glycolsäuren** (Säuren der Milchsäure-Reihe), nach der Formel $C_n H_{2n-2} O (CH)_2$ gebaut. Sie gehen aus den Fettsäuren durch Oxydation hervor, wenn man 1 Atom H der Fettsäuren durch OH (Hydroxyl) ersetzt. Auch umgekehrt lassen sich aus den Glycolsäuren wieder Fettsäuren gewinnen. Im Körper kommen vor:

Kohlensäure.

a) Kohlensäure (Oxy-Ameisensäure) $CO (OH)_2$; in dieser Form jedoch nur salzbildend. Die freie Kohlensäure ist das Anhydrit derselben, nämlich CO_2.

Glycolsäure.

b) Glycolsäure (Oxy-Essigsäure) $C_2H_2O (OH)_2$ kommt im Körper nicht frei vor. Eine Verbindung derselben, das Glycin (Glycocol, Amidoessigsäure, Leimzucker) findet sich als gepaarte Säure, nämlich als Glycocholalsäure (= Glycocholsäure) in der Galle, und als Hippursäure im Harne. In complicirter Verbindung existirt das Glycin im Leim.

Milchsäure.

c) Michsäure (Oxypropionsäure) $C_3H_4O (OH)_2$ kommt im Körper in 2 Isomeren vor, nämlich die normale oder Fleischmilchsäure (Paramilchsäure) ist ein Stoffwechselproduct des Muskels. Die gewöhnliche oder Gährungsmilchsäure findet sich im Magensaft, in saurer Milch (Sauerkraut, sauren Gurken) und kann aus Zucker durch Gährung gewonnen werden. (pg. 331.)

Leucinsäure.

d) Leucinsäure (Oxycapronsäure) $C_6H_{12}O_3$ kommt nicht für sich, sondern nur das Derivat derselben, das Leucin (Amidocapronsäure), als Stoffwechselproduct in manchen Geweben vor, sowie als Erzeugniss der Pancreasverdauung (pg. 308). — Durch Behandlung mit salpetriger Säure lässt sich aus Leucin die Leucinsäure, und aus Glycin die Glycolsäure darstellen.

Säuren der Oxalsäure-Reihe.

4. **Säuren der Oxalsäure- oder Bernsteinsäure-Reihe** nach der Formel $C_n H_{2n-4} O_2 (OH)_2$, 2 basische Säuren, welche als vollendete Oxydationsproducte durch O-Aufnahme aus Fettsäuren und Glycolsäuren unter Abgabe von Wasser sich bilden; ihre Entstehung aus C-reichen Körpern, namentlich Fetten, Kohlehydraten und Eiweisskörpern ist daher bemerkenswerth.

Oxalsäure.

a) Oxalsäure $C_2O_2 (OH)_2$ (entsteht durch Oxydation von Glycol, Glycin, Cellulose, Zucker, Amylum, Glycerin, vieler Pflanzensäuren), sie kommt normal mit Kalk verbunden im Harne vor.

Bernstein-Säure.

b) Bernsteinsäure $C_4H_4O_2 (OH)_2$ ist von Einigen in kleinen Mengen in thierischen Geweben und Flüssigkeiten angetroffen: Milz, Leber, Thymus, Thyreoidea; in der Flüssigkeit der Echinococcen, des Hydrocephalus, der Hydrocele. Im Hundeharn nach Fett- und Fleischkost reichlicher; im Kaninchenharn bei Fütterung mit gelben Rüben.

III. Alkohole.

Charakter der Alkohole.

Alkohole nennt man solche Körper, welche aus Kohlenwasserstoffen entstehen, indem an die Stelle von einem oder mehreren Atomen H sich Hydroxyl (HO) einfügt. Man kann dieselben auch als Wasser $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\} O$ auffassen, in welchem die Hälfte von H durch eine CH-Verbindung ersetzt ist. So geht z. B. C_2H_6 (Aethylwasserstoff) über in $\left.\begin{matrix}C_2H_5\\H\end{matrix}\right\} O$ (Aethylalkohol).

Cholesterin.

a) Das Cholesterin $\left.\begin{matrix}C_{26}H_{43}\\H\end{matrix}\right\} O$ ist ein echter Alkohol und findet sich im Blute, Dotter, Hirn, Galle — [Erbsen] (pg. 320).

Glycerin.

b) Das Glycerin $C_3H_5 \left\{\begin{matrix}OH\\OH\\OH\end{matrix}\right.$ wird als dreiwerthiger Alkohol betrachtet.

Es findet sich mit Fettsäuren und Oelsäuren vereinigt in den neutralen Fetten (siehe oben); bei der Pancreasverdauung entsteht es durch Spaltung der neutralen Fette (pg. 309).

Zucker-Arten. c) Den Alkoholen kann man zweckmässig die Zuckerarten anfügen, die sich wie mehrwerthige Alkohole verhalten. Sie sind in ihrer Constitution noch unbekannt. Mit einer Reihe nahestehender Körper bilden die Zuckerarten zusammen die grosse Gruppe der Kohlehydrate, die wir hier im Zusammenhange besprechen wollen. Wenngleich viele unter ihnen nicht im Thierkörper vorkommen, so rechtfertigt sich dennoch ihre Aufführung schon deshalb, weil sie vielfältig als Theile der Pflanzennahrung auftreten.

254. Die Kohlehydrate,

Charakter der Kohlehydrate. Diese im Thier- und Pflanzenreiche vorkommenden Körper haben daher ihre Bezeichnung erhalten, dass dieselben in ihren Molecülen neben (wenigstens 6 Atomen) C die Atome von H und O stets in dem Verhältniss, wie es im Wassermolecül gegeben ist, also wie H_2O, enthalten. Alle sind fest, chemisch indifferent, ohne Geruch. Sie sind entweder süss schmeckend (Zuckerarten), oder können doch leicht durch verdünnte Säuren in Zucker übergeführt werden. Sie drehen das polarisirte Licht entweder nach rechts oder nach links. Ihrer Constitution nach sind sie als fette Körper zu betrachten, als sechswerthige Alkohole, in welchen 2 H fehlen.

Die Kohlehydrate zerfallen in folgende Gruppen:

Die Glycosen. Traubenzucker. **I. Abtheilung,** die Glycosen ($C_6H_{12}O_6$). — 1. Der Traubenzucker (Glycose, Dextrose; Krümel-, Stärke-, oder Harnzucker): im thierischen Körper in geringen Mengen im Blute, Chylus, Muskel, (? Leber), Harn vorkommend; in grossen Mengen im Harne bei Diabetes mellitus (pg. 315). Es bildet sich beim Verdauungsprocesse durch diastatische Fermente aus anderen Kohlehydraten. — Im Pflanzenreiche ist er verbreitet in den süssen Säften mancher Früchte und Blüthen (von dort in den Honig). Aus Rohrzucker, Dextrin, Glycogen, Amylum (auch Trehalose, Melezitose) entsteht er durch Kochen mit verdünnten Säuren. Er krystallisirt in blumenkohlartigen Warzen mit 1 Molecül Krystallwasser, verbindet sich mit Basen, Salzen, Säuren und Alkoholen, wird aber von Basen leicht zersetzt; auf viele Metalloxyde wirkt er reducirend (154, pg. 275). Frische Lösung hat ein Drehungsvermögen von $+ 106^0$ (das auf $+ 56^0$ sinkt). Durch Gährung zerfällt er mit Hefe in Alkohol und CO_2 (pg. 276); durch zersetzende Albuminate spaltet er sich in 2 Molecüle Milchsäure (pg. 331); die Milchsäure zerfällt wieder unter denselben Umständen in alkalischer Lösung in Buttersäure, CO_2 und H (pg. 331). — Die qualitative und quantitative Bestimmung des Traubenzuckers siehe pg. 275, 276. In alkoholischer Lösung geht er schwer lösliche Verbindungen mit Kalk, Baryum oder Kalium ein; auch mit Kochsalz krystallisirt er zu einer Verbindung.

Eigenschaften.

Galactose. 2. Die Galactose, durch Kochen der Lactose (Milchzucker) mit verdünnten Mineralsäuren erhalten, sie ist leicht krystallisirbar, sehr gährungsfähig, gibt alle Reactionen der Glycose. Sie hat ein specifisches Drehungsvermögen $= + 83{,}3^0$. Mit Salpetersäure oxydirt geht sie in Schleimsäure über.

Levulose. [3. Levulose (Links-Frucht-, oder Schleimzucker) in sauren Säften einiger Früchte und im Honig als farbloser Syrup, unkrystallisirbar, unlöslich in Alkohol; Rotationsvermögen $=$ (!) $- 106^0$.] Krankhaft im Harn, selten.

Glycosen-Anhydrite. Milchzucker. **II. Abtheilung** enthält Kohlehydrate, welche (mit der Formel $C_{12}H_{22}O_{11}$) als die Anhydrite der ersten Abtheilung betrachtet werden können. 1. Der Milchzucker (Lactose) nur in der Milch, krystallisirt in Krusten (mit 1 Molecül Wasser) aus der syrupsdick eingedampften Molke; ist rechtsdrehend $= + 59{,}3$, ferner in Wasser und namentlich in Alkohol schwerer löslich als Traubenzucker. Durch Kochen mit verdünnten Mineralsäuren geht er in Galactose über; er ist direct nur durch Gährung in Milchsäure überführbar; die aus ihm hervorgehende Galactose ist jedoch mit Hefe der alkoholischen Gährung fähig (Kumysbereitung, pg. 424, 2). Seine quantitative Bestimmung siehe bei Milch.

[2. Saccharose (Rohr- oder Rübenzucker) im Zuckerrohr und einigen Pflanzen, schwer löslich im Alkohol, rechtsdrehend, nicht gährungsfähig. Mit verdünnten Säuren gekocht geht er in ein Gemenge von rechtsdrehender, leicht gährender Glycose und linksdrehender, schwerer gährender Levulose über (Invertzucker). Mit Salpetersäure oxydirt geht er in Zuckersäure und Oxalsäure über.] *Rohrzucker.*

[3. Melitose aus Eucalyptus-Manna, Melezitose aus Lärchen-Manna; Trehalose (Mycose) aus Mutterkorn: sämmtlich rechtsdrehend, alkalische Kupferlösung nicht reducirend.] *Melitose.*

III. Abtheilung enhält Kohlehydrate, die mit der Formel $C_6H_{10}O_5$ als Anhydrite der zweiten Abtheilung betrachtet werden können.

1. Das Glycogen (pg. 314) [kommt auch in Austern und anderen Mollusken vor]. *Glycogen.*

2. Das Dextrin, von Limpricht in den Muskeln des Pferdes entdeckt, ist rechtsdrehend = + 138°, im Wasser stark klebend löslich, durch Alkohol oder Eisessig daraus fällbar, wird von Jod schwach roth gefärbt. Es entsteht aus geröstetem Stärkemehl (daher reichlich in der Brodrinde, siehe Brod), durch verdünnte Säuren, im Körper durch Fermente (pg. 273, 307). Aus Cellulose geht es durch Behandlung mit wässeriger Schwefelsäure hervor. Kommt auch im Biere vor. Im Pflanzenreiche findet es sich in den meisten Pflanzensäften. *Dextrin.*

[3. Amylum (Stärke) theils in den „mehligen" Theilen vieler Pflanzen, aus organisirten, innerhalb der Pflanzenzellen sich bildenden, geschichteten Körnchen mit meist excentrischem Kerne bestehend, theils und zwar seltener ungeformt in den Pflanzen vorkommend. Der Durchmesser der Stärkekörnchen wechselt bei verschiedenen Pflanzen erheblich; er ist z. B. bei der Kartoffel 0,14 bis 0,18 Mm., im Runkelrübensamen nur 0,004 Mm. In 72° heissem Wasser quillt es als Kleister; Jod färbt es nur in der Kälte blau. Die Stärkekörnchen enthalten ferner stets bald mehr bald weniger Cellulose, sowie eine durch Jod sich roth färbende Substanz (Erythrogranulose). Durch Verdauungsfermente (pg. 273, 307) und Diastase, künstlich durch Schwefelsäure in Zucker überführbar.] *Amylum.*

[4. Gummi in Pflanzensäften (besonders der Acacien und Mimosen), theils in Wasser sich lösend (Arabin), theils schleimig quellend (Bassorin). Alkohol fällt es.] *Gummi.*

[5. Inulin, krystallinisches Pulver, in der Wurzel der Cichorie, des Löwenzahnes, besonders in den Knollen der Georginen (Dahlia variabilis), wird durch Jod nicht gebläut. — 6. Lichenin, Flechtenstärke, aufquellende Intercellularsubstanz von Flechten (besonders des isländischen Moses (Cetraria islandica) und Algen; durch verdünnte Schwefelsäure in Glycose überführbar. — 7. Paramylum, Körnchen dem Amylum ähnlich in dem Infusorium Euglena viridis.] *Inulin.*

[8. Cellulose, der Zellstoff aller Pflanzen (auch in dem Arthropodenpanzer und Schlangenhaut gefunden) nur in Kupferoxyd - Ammoniak löslich; durch Schwefelsäure und Jod gebläut. Gekocht mit verdünnter Schwefelsäure bildet sich Dextrin und Glycose. Concentrirte Salpetersäure mit Schwefelsäure gemengt verwandelt sie (Baumwolle) in Nitrocellulose (Schiessbaumwolle) $C_6H_7(NO_2)_3O_5$, welche in einem Gemische von Aether und Alkohol gelöst das Collodium bildet. — 9. Tunicin, eine der Cellulose ähnliche Substanz in dem Mantel der Tunicaten (Weichthiere).] *Cellulose.* *Tunicin.*

IV. Abtheilung enthält die nicht gährungsfähigen Kohlehydrate.

1. Inosit (Phaseomannit, Muskelzucker, Bohnenzucker) in Muskeln (Scherer); in Lunge, Leber, Milz, Niere, Hirn vom Ochs, Niere des Menschen; pathologisch im Harn und Echinococcenflüssigkeit. Im Pflanzenreiche verbreitet, namentlich in Bohnen (Leguminosen) und Traubensaft. Er ist optisch inactiv, krystallisirt meist blumenkohlartig mit 2 Molecülen Wasser in langen monoklinischen Krystallen, schmeckt süss, in Alkohol unlöslich, gibt nicht die Trommer'sche Probe, ist nur der Fleisch-Milchsäuregährung fähig. [Verwandt sind: Sorbin aus Vogelbeersaft, Scyllit aus Eingeweiden vom Hai und Rochen, Eukalyn entstehend durch Gährung der Melitose.] *Inosit.* *Sorbin Scyllit Eukalyn.*

IV. Ammoniakderivate und ihre Verbindungen.

Die Ammoniakderivate sind Abkömmlinge der Eiweisskörper, Umsatzproducte der Stoffmetamorphose derselben.

Amine.

1. Amine, d. h. zusammengesetzte Ammoniake, die vom Ammoniak (H_3N) oder von Ammoniumhydroxyd (H_4N—OH) dadurch abgeleitet werden können, dass man in denselben einzelne oder alle Atome H durch Kohlenwasserstoffgruppen (Alkoholradicale) ersetzt. Die von einem Molecüle Ammoniak ableitbaren Amine heissen Monamine. Unter diesen sind das $\left.\begin{matrix} H \\ H \\ CH_3 \end{matrix}\right\} N$ Methylamin und das Trimethylamin $\left.\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\right\} N$ nur als Zersetzungsproducte des Cholins (Neurins) und des Kreatins bekannt. Das Neurin kommt im Lecithin in sehr complicirter Verbindung vor (siehe Lecithine unter den Fetten; ebenso pg. 46 [28, III]).

Amide. Harnstoff.

2. Amide, d. h. Abkömmlinge von Säuren, die statt Hydroxyl (HO) der Säuren NH_2 eingetauscht enthalten. Der Harnstoff $CO(NH_2)_2$, das Biamid der CO_2, ist das hauptsächlichste Endproduct der Stoffmetamorphose der N-haltigen Körperbestandtheile (siehe Harn). Die wasserhaltige Kohlensäure ist = $CO(OH)_2$; in ihr sind beide OH durch NH_2 ersetzt, also $CO(NH_2)_2$, Harnstoff.

Amidosäuren.

3. Amidosäuren, d. h. N-haltige Verbindungen, die theils den Charakter einer Säure, theils den einer schwachen Basis zeigen, in denen H-Atome des Säure-Radicals durch NH_2 oder substituirte Ammoniakgruppen ausgetauscht sind.

Glycin. Leucin. Serin. Asparagin-S. Glutamin-S. Cystin. Taurin. Tyrosin.

a) Glycin (pg. 461, b) entsteht durch Kochen von Leim mit verdünnter Schwefelsäure. Es schmeckt süss (Leimzucker), verhält sich wie eine schwache Säure, verbindet sich aber auch als Aminbase mit Säuren. Es findet sich 1. als Glycin + Benzoësäure = Hippursäure im Harn, und 2. als Glycin + Cholalsäure = Glycocholsäure in der Galle (pg. 317) — b) Leucin (pag. 461, d) = Amidocapronsäure. — c) Serin (= ? Amidomilchsäure) aus Seidenleim erhalten. — d) Asparaginsäure (Amidobernsteinsäure) und e) Glutaminsäure durch Spaltung der Albuminate erhalten (pg. 308). — Weitere Amidosäuren sind: f) Cystin = Amidomilchsäure, in welcher O durch S ersetzt ist (siehe Harn). — g) Taurin (pg. 317) Amido-Aethylschwefelsäure, kommt (ausser in einigen Drüsen) vornehmlich in Verbindung mit Cholalsäure als Taurocholsäure in der Galle vor. — Tyrosin, eine Amidosäure unbekannter Natur ($C_9H_{11}NO_3$), tritt neben Leucin bei der Pancreasverdauung auf (pg. 308), ist ein Zersetzungsproduct der Albuminate, reichlich pathologisch bei der sogenannten gelben Leberatrophie im Harn.

Kreatin. Sarkosin. Kreatinin.

An die Amidosäuren lehnen sich ferner noch an: a) das Kreatin (im Muskel, Hirn, Blut, Harn) aufzufassen als Methyl-uramido-Essigsäure ($C_4H_9N_3O_2$); ist auch künstlich dargestellt. Mit Barytwasser gekocht, zerfällt es unter Aufnahme von H_2O in Harnstoff und b) Sarkosin ($C_3H_7NO_2$). Durch Kochen mit Wasser, Erhitzen mit starken Säuren, bei Gegenwart faulender Substanzen verwandelt sich das Kreatin unter Wasserabgabe in Kreatinin $C_4H_7N_3O$. Diese starke Basis kann durch Alkalien wieder in Kreatin übergeführt werden.

Ammoniakderivate unbekannter Constitution.

4. Ammoniakderivate von unbekannter Constitution, Harnsäure (vgl. Harn); Allantoin (vgl. Harn); Kynurensäure im Hundeharn; Inosinsäure im Muskel; Guanin spurweise in der Leber und im Pancreas, (im Guano, in den Excrementen der Spinnen); Hypoxanthin oder Sarkin in Begleitung von Xanthin in manchen Organen und im Harn; Xanthin aus Hypoxanthin durch Oxydation darstellbar, selten Harnsteine bildend.

255. Historisches zur Stoffwechsellehre.

Nach Aristoteles bedarf der Körper der Aufnahme der Nährstoffe zu drei Zwecken: nämlich zum Wachsthum, zur Wärmeerzeugung und zur Deckung der Ausgaben aus dem Körper. Die Erzeugung der Wärme findet im Herzen durch eine Aufkochung statt, und sie ergiesst sich mit dem Blute zu allen Körpertheilen, während die Athmung als ein Act der Abkühlung für die zu grosse Verbrennungswärme angesehen wird. — In etwas modificirter Form hat auch Galenus noch diese Anschauung: nach ihm ist der Stoffwechsel dem Bilde einer Lampe vergleichbar: das Blut stellt gewissermassen das Oel, das Herz den Docht, endlich die Lunge das anfächelnde Werkzeug dar. — Nach der Anschauung der iatrochemischen Schule geht der Stoffwechsel im Körper in Form von Gährungen vor sich, in welche die eingeführten Substanzen im Verein mit den Körpersäften versetzt werden: so entstehen geläuterte verwerthbare Säfte und zum Auswurfe bestimmte Gährungsschlacken. — Seit der Mitte des 17. Jahrhunderts (Boyle) ist die Erkenntniss in den Vorgängen des Stoffwechsels der Entwicklung der Chemie gefolgt. Haller lässt die Wärme aus chemischen Processen entstehen; die Nahrung soll die fortwährenden Verluste decken, welche durch die Auswurfsstoffe dem Körper erwachsen. Die Anbildung erfolgt durch einen lymphatischen Saft, der sich zur Reconstruction der abgenutzten thierischen Fasern zwischen diese letzteren ergiesst. — Nach Entdeckung des O (1774 durch Priestley und Scheel) stellte Lavoisier die Verbrennungstheorie der Stoffe in den Lungen auf, in denen CO_2 und H_2O sich bilden sollten. — Magendie betonte zuerst den Unterschied der N-haltigen und N-freien Nährstoffe, und zeigte, dass letztere allein das Leben nicht zu erhalten vermöchten. Auch der Leim allein sei hierzu unvermögend. Weniger präcis waren seine Ergebnisse über den Nährungswerth der Albuminate, denen er zwar die höchste Stufe einräumt, unter denen er aber nur das Fleisch als allein ausreichendes Ernährungsmaterial anerkennen konnte.

Den grössten Fortschritt in der Ernährungslehre verdanken wir J. v. Liebig, der den Grundstock unserer heutigen Kenntnisse gelegt hat. Er zeigte unter anderem namentlich, dass aus Albuminaten im Thierkörper sich Fett bilden müsse. Nach ihm dienen die Nährstoffe vornehmlich zweien Anforderungen, nämlich als „plastische" dem Aufbau der Organe, und als „respiratorische" der Wärmeerzeugung: erstere sind vornehmlich die Albuminate, letztere besonders die N-freien Kohlehydrate und Fette.

Unter den neueren Forschern (die in der Darstellung selbst genannt sind), verdienen vor Allen die Münchener Experimentatoren als Förderer der Wissenschaft besonders genannt zu werden; Bischoff, v. Pettenkofer, Voit.

Die Absonderung des Harnes.

256. Bau der Niere.

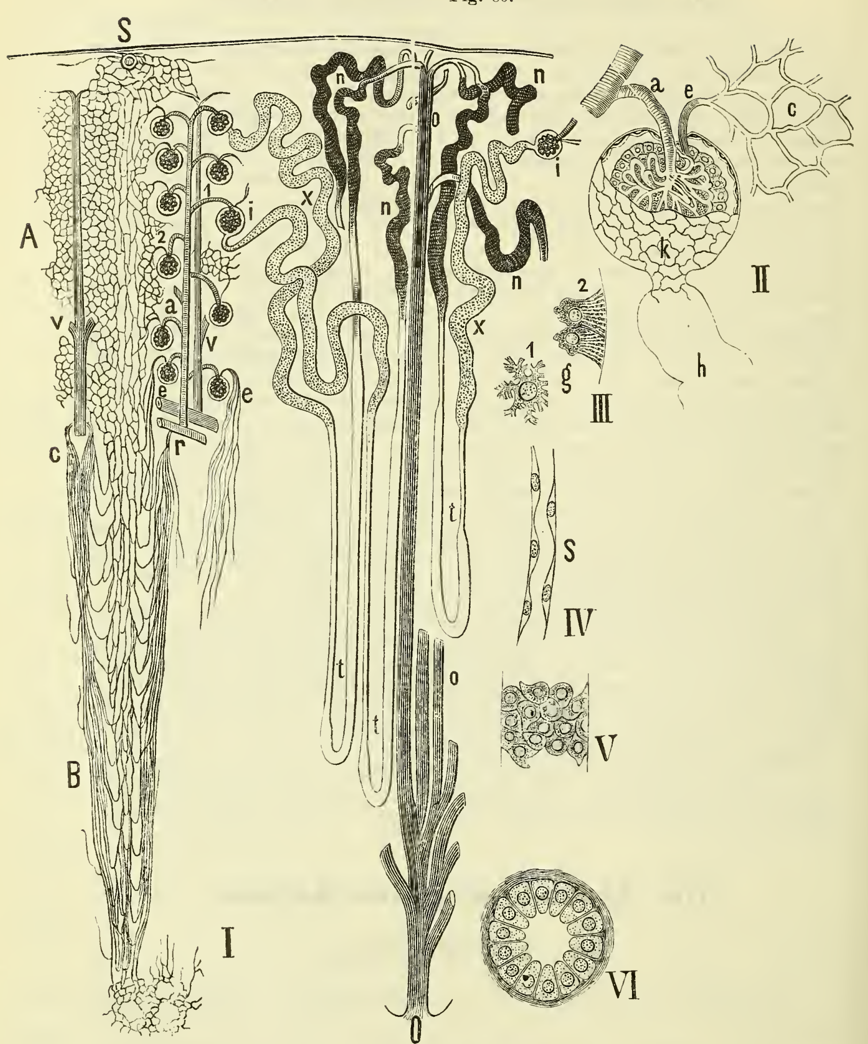
Die Nieren gehören zu den zusammengesetzten schlauchförmigen Drüsen.

Drüsensubstanz der Niere. *Kapsel.*

I. Die Harncanälchen entstehen sämmtlich innerhalb der Corticalsubstanz der Niere mittelst einer 200—300 μ messenden kugelförmigen Kapsel (in II vergrössert), der Bowman'schen Kapsel, die sich aus endothelartigen Zellen (k) zusammensetzt (M. Roth), und deren Innenfläche mit einem flachen einschichtigen Plattenepithel ausgekleidet ist. Im Innern der Kapsel liegt das später zu besprechende Gefässknäuel, Glomerulus Malpighianus. — Jede Kapsel geht vermittelst einer dünneren Stelle in das gewundene Harncanälchen (x) über (Bowman). Dieses besitzt eine Breite

Gewundenes Harncanälchen.

Fig. 80.



Bau der Niere. — *I* Die Gefässe und Harncanälchen in halbschematischer Zusammenstellung: *A* Capillaren der Rinde; — *B* Capillaren des Markes; — *a* Arteria interlobularis; 1 Vas afferens; — 2 Vas efferens; — *r.e* Arteriolae rectae; *c* Venulae rectae; — *v.v* Vena interlobularis; — *S* Beginn einer Vena stellata. — — *i.i* Kapseln den Glomerulus einschliessend; — *X.X* Tubuli contorti; — *t.t* Henle'sche Schleifen; — *n.n* Schaltstücke; — *o.o* Sammelröhren; — *O* Ausflussrohr. — — *II* Kapsel und Glomerulus: *a* Vas afferens; — *e* Vas efferens; — *c* Capillarnetz der Rinde; *k* endothelartiger Bau der Kapsel; — *h* Anfang des gewundenen Canälchens. — — *III* „Stäbchenzellen" aus dem gewundenen Canälchen; — 2. von der Seite (*g* innerer kernhaltiger Bezirk); 1. von der Fläche. — — *IV* Zellenauskleidung der Henle'schen Schleife. — — *V* Zellen im Sammelrohr. — *VI* Durchschnitt des Ausflussrohres.

von 45 μ, hat eine structurlose Membrana propria und durchzieht in vielfachen Windungen die Rindensubstanz. In seinem Innern trägt dasselbe ein charakteristisches Epithel: Die Zellen desselben (III 1 und 2) besitzen ein trübes, sehr quellbares, nicht selten von Fetttröpfchen durchsetztes Protoplasma, das in seinem, dem relativ engen Lumen des Canales zugewendeten Theile einen kugelförmigen deutlichen Kern einschliesst, während die der Membrana propria anliegende (auch chemisch differente) Partie wie zerfasert oder aus „Stäbchen" (Heidenhain) zusammengesetzt erscheint. Dort wo die Stäbchen die Membran direct berühren, weichen dieselben (wie die Borsten eines auf eine Fläche niedergedrückten Haarpinsels) aus einander. Die benachbarten Zellen greifen mit ihren Stäbchen an ihren freien Enden in einander, so dass die aufsitzende Grundfläche der Zelle somit ein unregelmässig gespreiztes Aussehen gewinnt (III 1) (R. Heidenhain, Schachowa).

Henle'sche Schleife.

An der Grenze der Mark- und Rindensubstanz verjüngt sich plötzlich das gewundene Canälchen (Isaacs) und geht nun als „Henle'sche Schleife" in langgestrecktem Bogen in die Marksubstanz hinein (t t). Man unterscheidet an der Schleife den schmäleren (14 μ) absteigenden Schenkel mit relativ weitem Lumen und den hellen, alternirend liegenden, flachen in der Mitte durch ihren Kern hervorgebauchten Epithelien (IV S), und den breiteren aufsteigenden Schenkel. Der Uebergang beider in einander liegt beim Menschen in der Regel im untersten Theile des absteigenden Schenkels. Der aufsteigende Schenkel verbreitert sich zu 20—26 μ, sein Lumen ist relativ weit, sein Epithel stimmt wesentlich mit dem der Tubuli contorti überein, nur sind die Stäbchen kürzer. — Dort wo der aufsteigende Schenkel in die Rindensubstanz hinaufreicht, wird der Canal zuerst wieder schmäler; dann aber geht er in das „Schaltstück" (n . n) (Schweigger-Seidel) über, welches in seinem Bau dem gewundenen Canälchen am ähnlichsten ist (40 μ breit), nur kürzer als jenes, aber mit ähnlichen Zellen ausgekleidet. Vermittelst einer abermaligen Verjüngung gehen nun die Schaltstücke in die „Sammelröhre" (o) über. Innerhalb der in die Rinde hineinragenden Markstrahlen belegen sind diese gegen 45 μ breit. Bei ihrem weiteren Verlaufe abwärts in die Papille treten benachbarte Sammelröhren zusammen und liefern durch ihren Zusammentritt schliesslich ein 200—300 μ dickes Rohr, den Ductus papillaris oder das Ausflussrohr (O), von denen 300—500 Stück auf der Spitze jeder der 12—15 Papillen ihre freie Ausmündung besitzen: (Foramina papillaria sive Cribrum benedictum). Im untersten und breitesten Theile ist die Membrana propria des Ductus von einem Stratum zarter Bindegewebszüge umlagert und verstärkt; die Zellen sind grosse helle Cylinderepithelien mit scharf markirtem kugelrunden Kern (VI). Weiter aufwärts trägt das sich verjüngende Sammelrohr niedrige cylindrische, mehr kubische, grossgekernte Zellen (V) auf der structurlosen Membrana propria; im Bereiche der Rindensubstanz nehmen die Zellen eine geneigte Stellung an, so dass sie sich dachziegelförmig über einander lagern.

Schaltstück. Sammelröhre. Ausflussrohr.

Blutgefässe. II. Die Blutgefässe der Niere. — Die Arteria renalis gelangt mit ihren Zweigen unter wiederholter Theilung bis zur Grenze der Mark- und Rindensubstanz. Von hier aus treten senkrecht die Rinde durchsetzend die Arteriae interlobulares (a) in gleichmässigen Abständen hervor, die in ihrem ganzen Verlaufe seitlich die Vasa afferentia (1) abgeben, welche je in eine Kapsel des Harncanälchens eintreten, genau an der dem abgehenden Canälchen polar entgegengesetzten Seite. Durch Zerlegung in vielfältige capillare Gefässschlingen entsteht im Innern der Kapsel „das Gefässknäuel“ (Glomerulus). Der Glomerulus trägt für sich gegen die Kapselwand hin einen Ueberzug polyedrischer gekernter Zellen (siehe in II), die sich auch zum Theil zwischen die Capillarschlingen des Knäuels einschieben (Heidenhain). Aus den Schlingen geht, und zwar aus dem Centrum des Knäuels sich bildend, das stets dünnere Vas efferens (2) wieder hervor, welches dicht neben dem Vas afferens aus der Kapsel heraustritt, und sich im Bau und weiteren Verlaufe als kleine Arterie verhält. Im ganzen Bereiche der Rinde lösen sich nunmehr alle Vasa efferentia zu einem engmaschigen Capillarnetze auf (A und II c), welches die darmartig verschlungenen Harncanälchen umspinnt. Im Bereiche der Markstrahlen der Rinde sind die Maschen (entsprechend dem geraderen Verlaufe der Harncanälchen) mehr länglich, im ganzen übrigen Rindenbezirke polygonal genetzt. Aus diesem Capillarnetze der Rinde bilden sich venöse Stämmchen, welche in die Venae interlobulares (v) eintreten. Diese beginnen dicht unter der Sehnenhülle der Niere durch sternförmig angeordneten Zusammentritt kleinster Venenanfänge (Stellulae Verheynii, sive Venae stellatae) und laufen dann je in Begleitung einer Arteria interlobularis bis zur Grenze der Mark- und Rindensubstanz.

Vas afferens. *Glomerulus.* *Vas efferens.* *Capillarnetz der Rinde.* *Venae interlobulares.*

Arteriolae rectae. Die Gefässe der Marksubstanz entstammen den Arteriolae rectae. Diese beginnen an der Grenze der beiden Substanzen der Niere und zwar entweder als vereinzelte directe (noch muskelhaltige Stämmchen (r) der Arteriae interlobulares (Arnold, Virchow), oder sie gehen aus denjenigen Vasa efferentia (e) direct hervor, welche der Marksubstanz der Niere zunächst liegen. Letztere sollen ohne Muskeln sein. Endlich sollen sich sogar einige dieser Gefässe bilden aus dem Zusammentritt der Capillaren der Markstrahlen (Huschke). Sämmtliche Arteriolae rectae gehen den geraden Harncanälchen folgend in langgezogene pinselförmige Capillarbündel über, welche gestreckt die Harncanälchen umflechten. Aus diesen Capillaren gehen im ganzen Bereiche des Markes sich um- und aufwärts biegende Schlingen hervor, als Anfänge der Venen. Letztere laufen gegen die Grenze der Mark- und Rindensubstanz zurück und setzen allmählich die Venulae rectae zusammen (c), die in den unteren Theil der Venae interlobulares einmünden. An den Papillen stehen die Capillaren des Markes in Verbindung mit kranzartig angelegten Gefässverzweigungen, welche die Ductus papillares umgeben (bei I).

Capillaren des Markes. *Venulae rectae.*

Gefässe der Hüllen. Die Gefässe der Sehnenhülle der Niere stammen theils aus durchtretenden Aestchen der Spitzen der Arteriae interlobulares, theils aus Zweigen

der Art. suprarenalis, phrenica und lumbalis. Das Capillarnetz ist einfach maschenförmig. Die hervortretenden Venenanfänge gehen theils in die Venae stellatae über, theils in die den genannten Arterien gleichnamigen Venen. Diese Verbindung des Gebietes der Arteria renalis mit den anderen Arterien in der Kapsel erklärt es, dass nach Unterbindung der Arteria renalis innerhalb der Niere der Blutstrom von der Kapsel aus eintreten kann (Ludwig, M. Hermann).

Lymphgefässe. III. Lymphgefäse finden sich innerhalb der Sehnenhülle als weitmaschiges Netzwerk; unter derselben in Form grösserer Räume (Heidenhain A. Budge). Im Parenchym der Niere selber soll sich die Lymphe in wandungslosen Gewebsspalten zwischen den Harncanälchen und Blutgefässen bewegen, die zahlreicher um die gewundenen Canälchen herum angetroffen werden, als um die geraden. Die Spalten dringen bis zur Oberfläche der Niere vor und verbreiten sich ausgedehnt unter der Kapsel. Starke Füllung der Lymphspalten wirkt comprimirend auf die Harncanälchen und Gefässe (C. Ludwig und Zawarykin). Nach Ryndowsky umstricken jedoch wahre Lymphgefässe mit Endothelwandung die Harncanälchen und dringen sogar mit dem Vas afferens in die Kapsel Bowman's ein. Aus dem Hilus der Niere treten klappenführende grössere Lymphgefässe frei zu Tage, andere durch die Sehnenhülle hindurch; beide stehen mit den Lymphräumen der Kapsel in Verbindung (A. Budge).

Nerven. IV. Unter den Nerven erkennt man zunächst mit Ganglien besetzte Stämmchen, welche die eintretenden Gefässe begleiten. Marklose Fasern verfolgte W. Krause bis in die Spitze der Papillen. Die Endigungen der Nerven sind unbekannt. Physiologisch steht fest, dass sowohl Vasomotoren, als auch sensible Aestchen vorhanden sind, wahrscheinlich ist aber auch die Existenz vasodilatatorischer und secretorischer Fasern.

Bindesubstanz. V. Die Bindesubstanz der Niere bildet in den Papillen faserige concentrische Lagen um die Ausflussröhren herum (VI); weiter aufwärts wird der fibrilläre Charakter undeutlicher, zugleich aber treten sternförmige Zellen reticulären Gewebes auf (Beer), welches in der Rinde allein angetroffen wird, und hier mit ihren Ausläufern unter einander in Verbindung stehen. — Die *Sehnenhülle.* äusseren Schichten der Sehnenhülle sind aus derben Fibrillenbündeln zusammengeflochten, die inneren sind lockerer und senden einzelne Fortsätze in die Rindenschicht hinein; zugleich enthält sie glatte Muskelfasern eingestreut (Eberth, W. Krause). — Die Fettkapsel der Niere steht theils durch Gefässe, theils durch Bindegewebszüge mit der Niere in Verbindung.

257. Der Harn.

I. Die physikalischen Eigenschaften des Harnes.

Der Harn ist dasjenige Excret, dessen Kenntniss seitens des Arztes die grösste Wichtigkeit beizumessen ist.

Harnmenge. 1. Die Menge des Harnes beträgt beim erwachsenen Manne zwischen 1000—1400 Ccmtr. in 24 Stunden, beim Weibe etwas weniger. Morgens zwischen 2—4 Uhr ist ein Minimum, Nachmittags von 2—4 Uhr ein Maximum der Absonderung (Weigelin).

Vermindert wird die Menge durch starke Schweisse, Durchfälle, Durst, vorwiegend N-lose Nahrung, Abnahme des gesammten Blutdruckes, etwa nach starken Blutverlusten (und verschiedene Erkrankungen des Nierengewebes). Das noch als normal geltende Minimum mag 400—500 Ccmtr. betragen. — Vermehrt wird die Menge durch Steigerung des Blutdruckes im Allgemeinen und im Gebiete der Nierenarterie allein, durch starkes Trinken, Contraction der Hautgefässe durch Abkühlung, reichlichen Uebergang löslicher Stoffe (Harnstoff, Salze, Zucker) in den Harn, reiche N-haltige Nahrung, sodann durch verschiedene Medicamente, Alkohol, Digitalis, Wachholder u. A.

Auch directe Einflüsse des Nervensystemes auf die Harnmenge sind bekannt. Hieher gehört die nach Nervenerregung plötzlich auftretende Polyurie (z. B. bei Hysterischen), ebenso nach freudigen Aufregungen (Beneke), schliesslich die eintretende merkwürdige Harnvermehrung nach Verletzung des Bodens der 4. Hirnhöhle (Cl. Bernard).

Die Messung wird vorgenommen in passenden graduirten Messcylindern oder Messflaschen (Fig. 81).

Specifisches Gewicht.

2. Das specifische Gewicht schwankt im Mittel zwischen 1,015 bis 1,020 [Minimum nach reichlichem Wassergenuss 1,002; Maximum nach starkem Schweiss und lebhaftem Durst 1,040]. Beim Neugeborenen sinkt in den ersten 3 Tagen nach der Geburt (entsprechend der erst allmählich reichlicher genossenen Nahrung) das specifische Gewicht des Harnes sehr erheblich (Martin, Ruge). Der Erwachsene entleert im Mittel 50 Gramm fester Stoffe durch den Harn.

Fig. 81.

Messcylinder und Messflasche zur Harn-Messung.

Fig. 82.

Aräometer.

Die Bestimmung des specifischen Gewichtes geschieht (bei 16° C. Harnwärme) mittelst des Aräometers (Figur 82).

Ist nur wenig Harn vorhanden, der den Aräometer-Cylinder nicht hinreichend füllen würde, so verdünnt man den Harn auf das zweifache oder dreifache Volumen mit destillirtem Wasser und hat dann die gefundene Zahl am Aräometer mit 2 oder 3 zu multipliciren. — Vermittelst der Formel von

Berechnung der Fixa durch Trapp-Haeser's Formel.

Trapp oder Haeser lässt sich aus der gefundenen Zahl des specifischen Gewichtes annähernd die in 1000 Theilen Harn vorhandene Menge fester Bestandtheile berechnen. Man nehme von der Zahl, die das specifische Gewicht angibt (z. B. 1,018), die beiden letzten Ziffern (also hier 18) und multiplicire diese mit 2 (Trapp), oder mit 2,33 (Haeser), oder mit 2,2 (Loebisch). — Zuverlässlicher geschieht die Bestimmung aller festen Bestandtheile durch Verdampfen von etwa 15 Ccmtr. Harn in einem gewogenen Tiegel im Wasserbade und nachheriges völliges Eintrocknen im Luftbade bei 100° C. und Abkühlen über concentrirter Schwefelsäure. Hierbei zersetzt sich etwas Harnstoff in CO_2 und entweichendes Ammoniak, wodurch der Werth etwas zu gering ausfällt. — Die Höhe des specifischen Gewichtes richtet sich selbstverständlich nach der Menge des Wassers im Harne. Am concentrirtesten (schwersten) ist der Morgenharn (Urina noctis), zumal in der Blase nach langem Verweilen (im Schlafe) Wasser zurück resorbirt, und so der Harn eingedickt

Directe Bestimmung der Fixa.

wird (s. unten); der diluirteste Urin wird nach starkem Trinken angetroffen (Urina potus). Unter krankhaften Verhältnissen findet man sehr concentrirten und sehr reichlichen Harn (bis 10.000 Ccmtr.) bei Diabetes mellitus (pag. 315), wo er ein specifisches Gewicht von 1030—1040 hat. — Concentrirte und spärliche Harne treffen wir im Fieber. — Die einfache (z. B. nervöse) Polyurie ist durch sehr diluirten und sehr reichen Harn charakterisirt.

Farbe des Harnes.

Die von den Farbstoffen des Harnes herrührende Farbe des Harnes schwankt, und zwar vornehmlich in Folge des verschieden grossen Wassergehaltes, in vielfachen Nuancen. Stark diluirte Harne pflegen blassgelb zu sein; ja man sah völlig wasserklare Harne bei plötzlicher Polyurie (Urina spastica, der Hysterischen). — Concentrirte Harne, zumal nach reichlicher Mahlzeit sind dunkelgelb bis braunroth; ähnlich tingirte Harne im Fieber pflegt man als „hochgestellte“ zu bezeichnen.

Fötaler Harn, sowie der erste nach der Geburt ist wasserhell. — Blutbeimischungen bewirken je nach dem Grade der Zersetzung des Hämoglobins rothe bis tief braunrothe Farbe, Gallenfarbstoffe eine gesättigt gelbbraune (mit intensiv gelbem Schaum); eingenommene Senna macht den Harn intensiv roth, Rhabarber braungelb, Carbolsäure schwarz. — Ammoniakalischer zersetzter Harn kann durch Indigobildung (siehe unten) schmutzig blau aussehen. — Zu einer einheitlichen Bestimmung der Harnfarben hat man empirisch eine „Harnfarbentafel“ entworfen (Neubauer, Vogel).

Fluorescenz.

Der Harn, zumal ammoniakalisch zersetzter, zeigt Fluorescenz; diese vergeht nach Säure-, erscheint wieder nach Alkalizusatz (Schönbein, Schleiss v. Löwenfeld). — Der normale Harn scheidet nach einigen Stunden ein langsam sich senkendes Wölkchen (Nubecula) von Blasenschleim ab. Der Schaum des normalen Harnes ist weiss und ziemlich bald zergehend (beim Eiweissharn länger stehend). Nicht selten sind dem Harne einige Epithelien beigemengt.

Schleimwolke und Epithel.

Consistenz.

Der normale Harn ist wie Wasser leicht fliessend beweglich.

Grössere Zucker-, Eiweiss- oder Schleim-Mengen machen ihn etwas schwerfliessender (sogenannter „chyloser“ Harn erkrankter Tropenbewohner kann selbst weiss-gallertig erscheinen).

Geschmack, Geruch

Der Geschmack ist salzig bitterlich; — der Geruch charakteristisch aromatisch, annähernd (zumal nach Bratengenuss) fleischsuppenartig.

Ammoniakalisch zersetzter Harn riecht nach Ammoniak. Von genossenen Substanzen bewirkt Terpenthin Veilchengeruch, Copaiva und Cubeben einen stark aromatischen, Spargel einen sehr widrigen Duft. Auch Baldrian, Knoblauch und Castoreum geben in den Harn von ihrem Riechstoff ab.

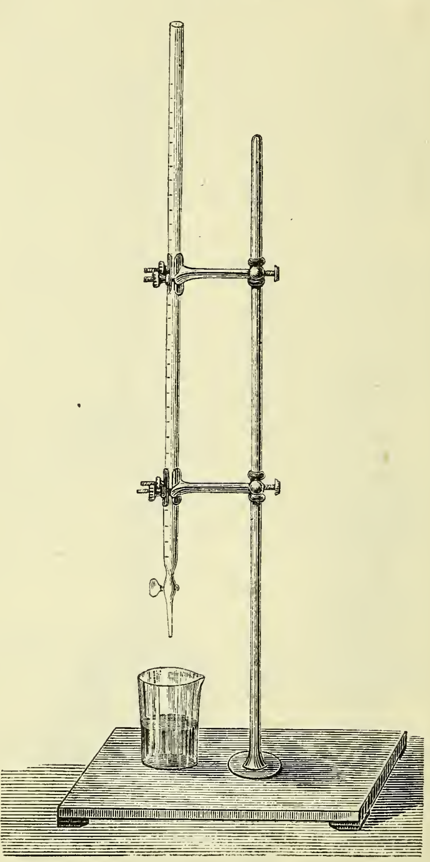
Reaction.

Die Reaction des normalen Harnes ist sauer durch das Vorhandensein saurer Salze, vornehmlich des sauren phosphorsauren Natrons. Letzteres entsteht aus basischphosphorsaurem Natron dadurch, dass Harnsäure, Hippursäure und CO_2 für sich einen Theil des Natrons nehmen, so dass nun die Phosphorsäure sich zur Bildung eines sauren Salzes umlagern muss. Nach Fleischkost bewirkt namentlich saures phosphorsaures Kali die saure Reaction. Dass der Harn keine freie Säure enthält, zeigt sich daran, dass er mit unterschwefligsaurem Natron keinen Niederschlag gibt (Huppert).

Stärker wird die saure Reaction nach Genuss von Säuren (z. B. Phosphorsäure), ebenso von Ammoniaksalzen, die im Körper zu Salpetersäure verbrannt werden; endlich nach starker Muskelaction (Klüpfel). — Auch der Morgenharn und der nach reicher Mahlzeit reagirt stärker sauer.

Weniger sauer bis alkalisch wird der Harn durch Genuss von kaustischen, kohlensauren und pflanzensauren Alkalien (letztere werden im Körper zu kohlensauren oxydirt); ferner durch Ableiten des sauren Magensaftes durch eine Fistel nach aussen (pag. 299) (Maly); ferner gegen 1—3 Stunden nach der Verdauung, wegen der Säurebildung im Magen (Bence Jones, Maly).

Fig. 83.



Graduirte Burette.

Prüfung der Reaction.

Die Reaction prüft man durch violette Lackmusschreibpapierstreifen, die in saurem Harne roth, im alkalischen blau werden.

Bestimmung des Säuregrades.

Um den Säuregrad des Harnes zu bestimmen, ermittelt man, wie viel Natronlauge nothwendig ist, um 100 Ccmtr. Harn genau auf neutrale Reaction zu bringen. Man nimmt hierzu eine Natronlauge, welche in 1 Ccmtr. 0,0031 Gr. Natron enthält; 1 Ccmtr. dieser Lauge neutralisirt genau 0,0063 Gr. Oxalsäure. Aus einer graduirten Bürette (Figur 83) lässt man in das, die 100 Ccmtr. Harn enthaltende Becherglas unter Umrühren so lange von der Natronlösung einträpfeln, bis das violette Lackmuspapier weder mehr roth noch mehr blau wird. Man liest nun an der Scala der Burette die verbrauchten Ccmtr. ab; da jedem Ccmtr. 0,0063 Gr. Oxalsäure entspricht, so berechnet man leicht, einer wie grossen Menge Oxalsäure die in den 100 Ccmtr. Harn enthaltene Säuremenge äquivalent ist. Man drückt also den Grad der Säuerung des Harnes aus durch die äquivalente Menge von Oxalsäure, die durch dieselbe Menge Natronlauge völlig neutralisirt wird.

Harn der Säugethiere.

Der Harn der Fleischfresser ist blass bis goldgelb, hat hohes specifisches Gewicht und reagirt stark sauer. — Der Harn der Pflanzenfresser reagirt alkalisch, zeigt daher Niederschläge von kohlensauren Erden (daher braust er nach Säurezusatz auf), und von basisch phosphorsauren Erden. Im Hungerzustande nimmt derselbe den Charakter des Carnivorenharnes an, da das Thier in demselben gewissermassen von seinem eigenen Fleische lebt.

I. Die organischen Bestandtheile des Harnes.

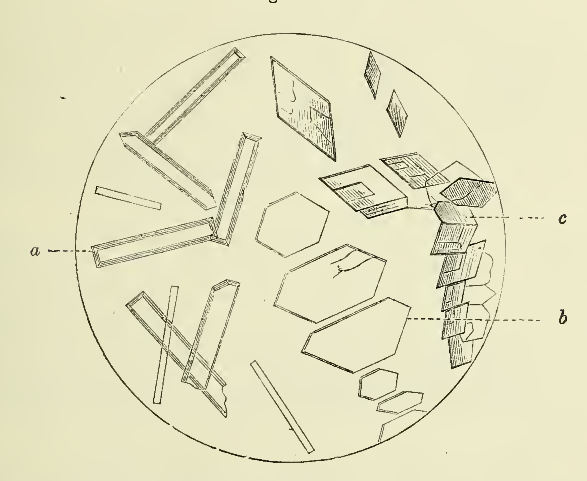
258. Der Harnstoff = $CO(NH_2)_2$.

Zusammensetzung.

Der Harnstoff, das Biamid der CO_2, oder Carbamid muss als das hauptsächlichste Endproduct der Oxydation der N-haltigen Bestandtheile des Körpers aufgefasst werden; derselbe hat die höchst einfache Zusammensetzung: Kohlensäure + Ammoniak — Wasser. — Er krystallisirt in seidenglänzenden vierseitigen Prismen mit schief abgestutzten Endflächen (rhombisches System) (Figur 84 a) (ohne Krystallwasser), bei schneller Krystallisation in zarten weissen Nadeln. Er

Physikalische Eigenschaften.

Fig. 84.



a Harnstoff. — *b* hexagonale Tafeln und *c* kleinere schüppchenförmige rhombische Plättchen von salpetersaurem Harnstoff.

wirkt nicht auf Lackmus, ist geruchlos, von schwach bitterlichkühlendem salpeterartigen Geschmack. Er ist leicht in Wasser und in Alkohol löslich; in Aether fast unlöslich. Er ist isomer mit cyansaurem Ammonium, aus welchem er beim Eindampfen durch Umlagerung der Atome entsteht (Wöhler, 1828). [Man kennt noch viele andere künstliche Darstellungsweisen].

Zersetzungen.

Ueber 120° erhitzt zersetzt er sich unter Entwickelung von Ammoniakdämpfen unter Zurücklassung einer glasigen Masse von Biuret und Cyanursäure. — Bei der ammoniakalischen Fäulnissgährung (siehe unten), ferner durch Behandlung mit starken Mineralsäuren, durch Kochen mit den Hydraten der Alkalien, durch Ueberhitzen mit Wasser (240° C.) nimmt er 2 Wasser auf und liefert kohlensaures Ammonium: — $CO(NH_2)_2 + 2\,H_2O = CO(ONH_4)_2$. — Mit salpetriger Säure zusammengebracht zerfällt er in Wasser, CO_2 und N. [Die beiden letzten Zersetzungen hat man zu quantitativen Bestimmungen des Harnstoffes verwerthet.]

Menge. Der Erwachsene scheidet täglich gegen 30—40 Gr. ab; Frauen produciren weniger, Kinder relativ mehr; dem regeren Stoffwechsel dieser entsprechend verhält sich die Harnstoffmenge, welche die Gewichtseinheit des kindlichen Körpers liefert, zu der des Erwachsenen wie 1,7 : 1. — Befindet sich der Körper im Gleichgewichte des Stoffwechsels (pag. 433), so wird im Harnstoff fast genau eben so viel N ausgeschieden, als N in den N-haltigen Nahrungsmitteln dem Körper zugeführt wird.

Schwankungen der Menge. Mit der Menge der zugeführten Albuminate in der Nahrung steigt der Harnstoff; ebenso mit dem Umfange des Zerfalles der N-haltigen Gewebe im Körper. Reiche Zufuhr von Wasser, Salzen, Behinderung von O steigert die Harnstoffmenge. Beim Diabetiker (der kolossale Mengen von Speisen verzehrt) steigt er mitunter über 100 Gr. pro die; im Hunger sinkt er bis auf 6,1 Gr. (Seegen). Im Inanitionszustande sah man ein Maximum der Ausscheidung gegen Nachmittag, ein Minimum gegen Morgen. Tägliche Schwankungen der Harnstoffmengen gehen mit der Harnmenge parallel: 3 bis 5 Stunden nach der Verdauung steigt die Harnstoffbildung zum Maximum, nach derselben sinkt sie wieder, und erreicht in der Nacht das Minimum. Muskelarbeit steigert sie nicht wesentlich.

Harnstoff in Krankheiten. Bei acuten fieberhaften Entzündungen und im Fieber (pag. 409, 410) überhaupt steigt die Harnstoffausscheidung bis zur Höhe des Verlaufes, und sinkt mit ihm wieder ab (Vogel). Nach dem Erlöschen des Processes ist die Ausscheidung oft subnormal. Mitunter kann im hohen Fieber die Bildung des Harnstoffes zwar vermehrt sein, allein die Ausscheidung kann stocken: es findet Harnstoffretention statt (Naunyn); im weiteren Verlaufe kann es dann zu einer sehr vermehrten Ausscheidung kommen. — In chronischen Krankheiten richtet sich die Harnstoffmenge nach dem Ernährungszustande, dem Stoffwechsel des Kranken und daneben wesentlich nach der Höhe etwa begleitender Fieber.

Vorkommen in Körpertheilen. Der Harnstoff ist in folgenden Körpertheilen angetroffen: Blut (1 : 10000), Lymphe, Chylus (2 : 1000), Leber, Lymphdrüsen, Milz, Lungen, Gehirn, Auge, Galle, Speichel, Amniosflüssigkeit (ausserdem pathologisch im Schweisse, z. B. bei Cholera, sowie bei Urämischen im Erbrochenen und den hydropischen Flüssigkeiten). Es ist bis jetzt nicht gelungen, den sicheren Ort der Harnstoffbildung anzugeben, wenngleich auch wohl mit Recht die Leber und die Lymphdrüsen als wichtige Entstehungsherde betrachtet werden können. Zerstörungen der Leber durch hochgradige fettige Entartung setzen die Harnstoffbildung enorm herab.

Harnstoff die höchste Oxydationsstufe der N-haltigen Auswürflinge. Ueber die Entstehungsart des Harnstoffes ist zunächst als sicher anzunehmen, dass er das Endproduct des Stoffwechsels der Eiweisskörper darstellt. Ihm zunächst stehen als geringere Oxydationsstufen Harnsäure, Guanin, Xanthin, Hypoxanthin, Alloxan, Allantoin. Verfütterte Harnsäure erscheint als Harnstoff im Harne wieder; Alloxan und Hypoxanthin können in Harnstoff direct übergeführt werden.

Vermuthete Entstehung durch Synthese. Durch die Verdauungsvorgänge (vgl. pag. 308) werden die Eiweisskörper in Leucin, Tyrosin, Glycin, Asparaginsäure übergeführt. Werden von diesen Amidosäuren Glycin oder Leucin oder Asparaginsäure verfüttert (ebenso

Ammoniaksalze), so tritt vermehrte Harnstoffausscheidung ein (Schultzen, Nencki, v. Knieriem, Salkowski). Da das Molekül der Amidosäuren nur 1 Atom N enthält, das Harnstoffmolekül jedoch 2 N, so liegt es nahe, die Harnstoffbildung aus den Amidosäuren als einen synthetischen Process aufzufassen. Die Möglichkeit ist nämlich gegeben, dass die Amidosäuren in den Körpersäften auf N-haltige Reste der Albuminate treffen, nämlich auf Carbaminsäure oder auf (nur durch H_2O unterschiedene) Cyansäure. Aus der gegenseitigen Verbindung könnte Harnstoff hervorgehen. Nach Salkowski soll die Verfütterung der besagten Stoffe den Zerfall des eigenen Körpereiweisses steigern zur Bereitstellung der nothwendigen Componente.

Directe Darstellung aus Harn.

Die Darstellung des Harnstoffes gelingt direct reichlich aus Hundeharn (nach starker Fleischfütterung) indem man letzteren zu Syrupsdicke eindampft, mit Alkohol extrahirt, dieses abfiltrirte Extract abermals zum Syrup abdampft. Die aus letzterem sich ausscheidenden Krystalle werden durch Abspülen mit wenig Alkohol von Extractivstoffen gereinigt, dann in absolutem Alkohol gelöst: hierauf filtrirt man und lässt zum Krystallisiren langsam verdunsten.

Darstellung aus salpetersaurem Harnstoff.

Den auf $^1/_6$ seines Volumens eingedampften Menschenharn kühlt man auf 0° ab, setzt starke reine Salpetersäure im Ueberschuss zu. Es fällt salpetersaurer Harnstoff nieder mit Farbstoff verunreinigt. Dieser Niederschlag wird abfiltrirt, ausgepresst, in kochendem Wasser gelöst, mit Thierkohle vermengt und heiss filtrirt. Beim Erkalten scheidet das Filtrat entfärbte Krystalle von salpetersaurem Harnstoff aus. Diese löst man abermals in heissem Wasser, setzt kohlensaures Baryum so lange zu, als noch Aufbrausen erfolgt: es bildet sich hierbei salpetersaures Baryum und freier Harnstoff. Nun verdampft man bis zum Trocknen, erschöpft mit absolutem Alkohol, filtrirt und lässt verdunsten, wobei sich Harnstoff ausscheidet.

Verbindungen des Harnstoffs.

Verbindungen des Harnstoffes. — Der Harnstoff vermag sich mit Säuren, oder Basen, oder Salzen zu verbinden. Die wichtigsten Verbindungen sind:

Salpetersaurer Harnstoff ist wichtig zum mikrochemischen Harnstoff-Nachweis.

1. Salpetersaurer Harnstoff $CH_4N_2O \cdot NO_3H$. [Seine Darstellung aus Harn siehe vorstehend] Man bedient sich der Darstellung desselben mit Vortheil zum mikrochemischen Nachweis des Harnstoffes. Hat man nur einige Tropfen von wässeriger Flüssigkeit, in welcher Harnstoff vermuthet wird [dieselbe muss so bereitet sein, dass der Harnstoff eventuell darin in concentrirter wässeriger Lösung sich befindet], so gibt man 1 Tropfen auf ein Objectglas, legt durch die Mitte des Tropfens einen dünnen Zwirnfaden, bedeckt mit dem Deckglas und lässt nun von dem Ende des Fadens ein Tröpfchen concentrirter Salpetersäure unter das Deckglas einziehen. Es entstehen dann zu beiden Seiten des Fadens die charakteristischen Krystalle (Figur 84 b und c). Salpetersaurer Harnstoff ist leicht in Wasser, schwerer in salpetersäurehaltigem Wasser löslich. — Seltener bei langsamer Krystallisation liefert er sechsseitige Prismen.

Oxalsaurer Harnstoff.

2. Oxalsaurer Harnstoff: $(CH_4N_2O)_2\ C_2H_2O_4 + H_2O$ entsteht durch Zusammentreten von concentrirter Harnstofflösung und Oxalsäure, büschelig gruppirte Krystallplättchen, rhombische Tafeln, zuweilen Säulenformen bildend (mannigfaltige Erscheinungen, daher Vorsicht in der Diagnose!). Er ist in kaltem Wasser schwer, in Alkohol noch schwerer löslich.

Phosphorsaurer Harnstoff.

3. Phosphorsaurer Harnstoff: $CH_4N_2O \cdot PO_4H_3$ grosse glänzende Krystalle des rhombischen Systemes bildend, in Wasser sehr leicht löslich. Aus dem Harne von mit Kleie gefütterten Schweinen durch Abdampfen erhalten.

Chlornatrium-Harnstoff.

4. Chlornatrium-Harnstoff: $CH_4N_2O \cdot NaCl + H_2O$, glänzende rhombische Prismen, mitunter aus abgedampftem Menschenharn sich ausscheidend; durch Verdunsten von Harnstoff- und Kochsalzlösung erhalten.

Salpetersaurer Hg-oxyd-H.

5. Salpetersaurer Quecksilberoxyd-Harnstoff wird in Form eines käsigen, weissen Niederschlages erhalten, wenn in eine Harnstofflösung salpetersaures Quecksilberoxyd eingetragen wird. Wenn man beim Entstehen des Niederschlages die freiwerdende Salpetersäure durch Natriumcarbonat neutralisirt, so tritt schliesslich je 1 Aequivalent Harnstoff mit 4 Aequivalenten Quecksilber zusammen: $CH_4N_2O \cdot 4\ Hg(NO_3)_2$. Ist dieser Punkt erreicht, so bewirkt

jeder Ueberschuss von salpetersaurem Quecksilberoxyd in der Harnstofflösung, dass nunmehr auf Zusatz von Natriumcarbonat salpetersaures Natrium und gelbes basisch kohlensaures Quecksilberoxyd entsteht. Auf dieser Reaction beruht die Liebig'sche Titrirmethode des Harnstoffes (siehe unten).

259. Qualitative und quantitative Bestimmung des Harnstoffes.

I. Die qualitative Bestimmung des Harnstoffes zielt

1. zunächst darauf hin, denselben direct als solchen darzustellen. Vermuthet man ihn in einer eiweisshaltigen, mit Blut oder Eiter vermischten Flüssigkeit, so verfährt man also: Zusatz des 3—4fachen Volumens Alkohol zur Flüssigkeit, nach einigen Stunden wird filtrirt; Verdunstung des Filtrats im Wasserbade; Lösung des Rückstandes in einigen Tropfen Wasser.

Mikrochemischer Nachweis.

2. Die wässerige Lösung wird benutzt zur mikrochemischen Darstellung des diagnostisch wichtigen salpetersauren Harnstoffes (nach Wunsch auch des oxalsauren).

Biuret-Reaction.

3. Die Biuret-Reaction. Man erhitzt vorsichtig einige Krystalle Harnstoff in einem trockenen Reagenzglase bis kein Geruch nach Ammoniak mehr entsteht, dann setzt man einige Tropfen von Kalilauge und Kupfersulphatlösung hinzu. Entsteht eine violettrothe Färbung, so sind die Krystalle als Harnstoff erwiesen. (Neben dem Biuret entsteht aus dem erhitzten Harnstoff Cyanursäure und Ammelid.)

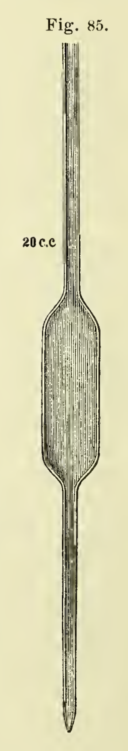
4. Durch gelöstes unterbromigsaures Natron wird der in der zu untersuchenden Flüssigkeit befindliche Harnstoff in CO_2, H_2O und N zerlegt: Der N steigt in der vermischten Flüssigkeit in Form sehr kleiner Bläschen in die Höhe. (Hierauf beruht Knop-Hüfner's Methode der quantitativen Bestimmung).

II. Quantitative Bestimmung des Harnstoffes im Harne durch Titrirung nach Liebig.

Liebig's Titrirmethode des Harnstoffs.

Vermittelst einer graduirten Pipette (Figur 85) misst man 40 Ccmtr. Harn ab und gibt sie in ein kleines Becherglas. Zur Entfernung der Schwefel- und Phosphorsäure setzt man hinzu 20 Ccmtr. einer Barytmischung (welche besteht aus 1 Vol. kalt gesättigter Lösung von salpetersaurem Baryum und 2 Vol. kalt gesättigter Lösung von Aetz-Baryt). Es wird (durch ein trockenes Filter) filtrirt und von dem klaren Filtrate werden 15 Ccmtr. (entsprechend 10 Ccmtr. Harn) in ein kleines Becherglas gegeben.

Fig. 85.



Graduirte Pipette.

Nun lässt man aus einer Burette unter Umrühren anfangs schneller, später tropfenweise eine titrirte Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd zulaufen [von welcher 1 Ccmtr. 10 Milligramm Harnstoff bindet], so lange, als man noch Fällung bemerken kann. Nun prüft man zugleich, indem man 1 Tropfen des Gemisches auf ein Uhrglas gibt und 1 Tropfen concentrirter Lösung von Natriumbicarbonat zusetzt, ob bereits gelbe Färbung entsteht; tritt diese ein, so ist aller Harnstoff gebunden. Man liest die Menge der verbrauchten Filtrirflüssigkeit ab; da jedem Ccmtr. derselben 10 Milli-

gramm Harnstoff entsprechen, so findet man durch Multipliciren leicht die Harnstoffmenge in den verwendeten 10 Ccmtr. Harn.

Die Methode erleidet unter Umständen einige Modificationen:

1. Sehr phosphorsäurereiche Harne mische man mit gleichem Volumen des Barytgemisches. — Sehr stark saure Harne, oder solche, die kohlensaure Alkalien enthalten, erfordern 3 Vol. Barytgemisch auf 4 Vol. Harn Von dem Filtrat nimmt man stets ein Quantum, in welchem 10 Harn vorhanden.

2. Erfolgt die Endreaction (Gelbfärbung) noch nicht, nachdem bereits das doppelte Volumen der Titrirflüssigkeit zu dem Harnbarytgemisch verbraucht ist, so muss man auf jeden Ccmtr. weiter verwendeter Titrirlösung 2 Ccmtr. Wasser in das Becherglas zusetzen.

3. Wird weniger als das doppelte Volumen des Harnbarytgemisches von der Titrirflüssigkeit gebraucht, so zieht man für jede weniger verwendeten 5 Ccmtr. derselben 0,1 Ccmtr. der Titrirflüssigkeit ab.

4. Eiweiss- oder bluthaltige Harne werden stets vorher durch Aufkochen (möglichst ohne Verdampfung) nach Zusatz einiger Tropfen Essigsäure hiervon befreit, und dann filtrirt verwendet.

5. Das Kochsalz des Harnes stört die genaue Bestimmung, da nämlich nach Zusatz von Quecksilbernitrat zum Harn sich Quecksilberchlorid und Natriumnitrat bildet. Es kann also nicht eher Harnstoff gebunden werden, als das Kochsalz zersetzt ist Enthält der Harn, wie gewöhnlich 1—1½% Kochsalz, zo zieht man von den (zu den 10 Ccmtr. Harn) verwendeten Ccmtrn. Quecksilbernitrat 2 Ccmtr. ab. Will man ganz genau verfahren, so ist das Kochsalz vorher zu entfernen durch eine Silbernitratlösung (siehe Kochsalzbestimmung).

260. Die Harnsäure = $C_5H_4N_4O_3$.

Formel; Menge.

Die Harnsäure, wahrscheinlich aufzufassen als Tetronyl-dicyan-amid = $C_3H_2O_3(NH\,.\,CN)_2$ stellt beim Menschen dasjenige N-haltige Umsatzproduct dar, in welchem nächst dem Harnstoff der meiste N aus dem Körper abgeführt wird, während sie bei Vögeln, Reptilien und Insecten den vornehmsten N-haltigen Auswürfling darstellt. Der Gesunde scheidet in 24 Stunden 0,5 Gr. ab (im Hunger 0,24 Gr., nach starker Fleischnahrung 2,11 Gr.). Die Menge geht meist mit der des Harnstoffes ziemlich parallel: beide verhalten sich wie 1 : 45.

Verfütterte Harnsäure geht zum Theile als Harnstoff höher oxydirt in den Harn neben Zunahme der Oxalsäure (siehe unten) (Wöhler, Frerichs); bei Hühnern fand v. Knieriem vermehrte Harnsäure nach Verfüttern von Leucin, Glycin und Asparaginsäure.

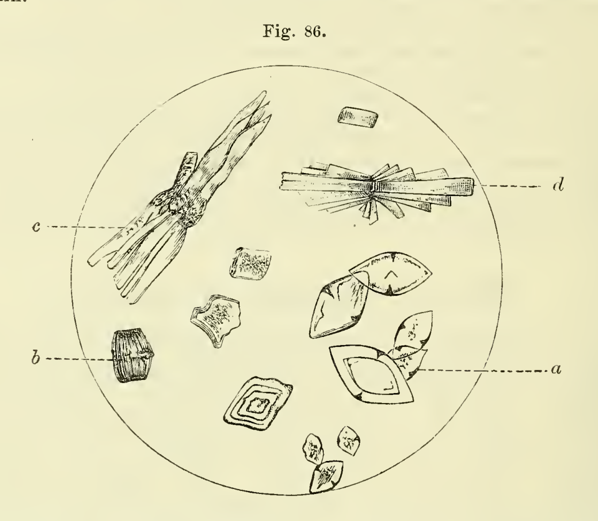
Chemische Eigenschaften.

Die Harnsäure ist 2-basisch, farblos, krystallisirt in verschiedenen Formen (Figur 86), deren Grundtypus die rhombische Tafel bildet. Durch Abstumpfung der gegenüberliegenden grösseren Winkel entsteht die häufige Wetzsteinform (a); werden die längeren Seiten noch mehr abgeflacht, so entstehen sechsseitige Tafeln. Aus diabetischen Harnen scheiden sich oft spontan grosse goldgelbe durchscheinende Krystallrosetten (d) aus. Aus Harn durch Zusatz von (20 Ccmtr.) Salzsäure zu (1 Liter) Harn oder von Essigsäure ausgeschieden, nehmen die Krystalle meist die Form von Tönnchen (b) oder spiessiger Drusen an, die vorwiegend braunviolett tingirt sind.

Löslichkeit. Sie ist geschmack- und geruchlos, röthet Lackmus; sie löst sich erst in 18.000 Theilen kalten und in 15.000 heissen Wassers, in Alkohol und Aether gar nicht.

In kohlen-, bor-, phosphor-, milch- und essigsauren Alkalien löst sie sich leicht, indem sie diesen Salzen einen Theil der Base entzieht: so entstehen einerseits saure harnsaure Salze, andererseits aus den neutralen Salzen, saure Salze. Sie löst sich in concentrirter Schwefelsäure, aus welcher sie durch *Zersetzungen.* Wasser wieder gefällt wird. — Durch trockene Destillation zerfällt sie in Harnstoff, Cyanursäure, Cyanwasserstoffsäure und kohlensaures Ammonium. Bleisuperoxyd führt sie über in Harnstoff, Allantoin, Oxalsäure und CO_2; — durch Ozon entstehen dieselben Stoffe, dazu Alloxan. — Durch H in statu nascendi (Natriumamalgam) reducirt entsteht Xanthin und Sarkin.

Fig. 86.



Harnsäure: *a* rhombische Täfelchen (Wetzstein-Form); — *b* Tönnchen-Form: — *c* spiessige Krystalldrusen; — *d* Rosette aus wetzsteinförmigen Krystallen.

Vorkommen im Harne. Im Harne ist die Harnsäure in Form von saurem harnsauren Natrium und Kalium gelöst. Dieselben Salze finden sich auch in Harnsedimenten, Harngries, Harnsteinen (und in Gichtknoten). Harnsaures Ammonium ist in dem Sedimentum lateritium nur sehr wenig enthalten, es bildet sich reichlich erst durch die ammoniakalische Harnzersetzung (siehe pag. 489). Freie Harnsäure kommt im normalen Harne wohl nur zum kleinsten Theile vor. Sie fällt jedoch beim Stehen später nicht selten aus (siehe saure Harngährung, pag. 488); sie findet sich ferner auch in Harngries und Steinen.

Vermehrung der Harnsäure. Reich an Harnsäure ist der Harn der Neugeborenen (harnsaure Infarcte der Nieren). Vermehrt wird die Harnsäure und ihre Salze durch starke Muskelarbeit mit Transspiration, ferner bei katarrhalischen und rheumatischen Fiebern, und solchen, die mit Störungen der Athemthätigkeit einhergehen; dann

bei Leukämie und Milztumoren, granulirter Leber, endlich ganz gewöhnlich bei Magen- und Darmkatarrhen nach reichem Alkoholgenusse.

Verminderung der Harnsäure.

Eine Verminderung findet sich: nach reichlichem Wassergenuss (Genth), nach grossen Chinindosen, Coffeïn, Jodkalium, Kochsalz, Natriumcarbonat, Natriumsulfat, O-Inhalationen, leichter Muskelarbeit. Bei der Gicht (bei welcher in den Gichtknoten sich Harnsäure ablagert) ist ihre Ausscheidung im Harne gering. Bei chronischem Milztumor, Anämie und Chlorose ist sie, wenn namentlich keine Athembeschwerden zugleich vorhanden sind, gleichfalls vermindert.

Die harnsauren Salze.

Die harnsauren Salze (Urate). Mit verschiedenen Basen bildet die Harnsäure meist saure harnsaure Salze (Urate), die in kaltem Wasser schwer, in heissem leicht löslich sind. Neutrale Urate werden schon durch CO_2 zu sauren Salzen umgewandelt. Salzsäure und Essigsäure lösen die Verbindungen und die Harnsäure scheidet sich in Krystallen aus.

Saures harnsaures Natrium.

1. Das saure harnsaure Natrium erscheint als meist durch Uroërythrin ziegelroth gefärbtes Sediment (Sedimentum lateritium) [seltener hellgrau bis weisslich] im Harn bei katarrhalischen Verdauungsstörungen, ferner bei rheumatischen und fieberhaften Affectionen. Mikroskopisch zeigt es völlig amorphe, moosförmig gruppirte Körnchen (Figur 88 b); daneben kommen auch stechapfelförmige oder morgensternförmige Kugeln vor. Haufen dieser letzteren gehen nicht selten allmählich in kurze hexagonale Prismen oder dicke Tafeln über. (Nicht selten ist im Sedimente auch das völlig ähnliche Kaliumsalz.)

Saures harnsaures Ammonium.

2. Das saure harnsaure Ammonium stets in ammoniakalischem Harn (als Sediment), entweder mit 1. oder mit freier Harnsäure vermengt, häufig von Tripelphosphat begleitet: es hat ganz dieselben mikroskopischen Formen wie 1. (nicht selten gelb gefärbt) (Figur 89 a). 1. und 2. werden daran erkannt, dass sich das Sediment in der Wärme auflöst, ferner dass im mikroskopischen Präparate nach Zusatz von 1 Tröpfchen Salzsäure freie Harnsäure-Krystalle sich ausscheiden.

Saurer harnsaurer Kalk.

3. Saurer harnsaurer Kalk mitunter in Harnsteinen, ein weisses, amorphes, in Wasser schwer lösliches Pulver. Auf dem Platinblech geglüht hinterlässt es Calciumcarbonat. (Selten kommt harnsaure Magnesia in Harnsteinen vor.)

261. Qualitative und quantitative Bestimmung der Harnsäure.

I. Zur qualitativen Bestimmung ist zu beachten:

Mikroskopische Prüfung.

1. Der mikroskopische Nachweis der Harnsäure und der Urate gründet sich auf ihre beschriebenen Kennzeichen. Aus Harn scheidet sich Harnsäure nach Zusatz von Essig- oder Salzsäure aus.

Murexidprobe.

2. Die Murexidprobe. Harnsäure oder Urate werden im flachen Schälchen bei gelinder Wärme mit Salpetersäure erhitzt. Es entsteht Zersetzung unter gelber Färbung: N und CO_2 entweichen, Harnstoff und Alloxan bleiben zurück. Es wird nun weiter vorsichtig verdunstet und der gelbrothe Fleck erkalten lassen:

Zusatz eines Tröpfchens Ammoniak bringt purpurrothe Farbe hervor (Murexid = purpursaures Ammonium = Alloxantinamid). Diese rothe Farbe wird durch weiteren Zusatz von Kalilauge blau. Setzt man statt Ammoniak von vornherein Kali- oder Natronlauge zu dem Fleck, so entsteht violette Farbe.

Prüfung mit Silbernitrat; 3. Tropft man auf ein mit Silbernitratlösung durchfeuchtetes Fliesspapier etwas in kohlensaurem Alkali gelöste Harnsäure oder Urat, so entsteht sofort durch Reduction des Silbers ein schwarzer Fleck.

mit Kupfersulphat. 4. Kocht man eine Lösung von Harnsäure oder Urat in Alkalien mit Fehling'scher Lösung (pag. 276, II), so fällt zuerst weisses harnsaures Kupferoxydul; weiterhin scheidet sich aber rothes Kupferoxydul aus [während Oxydationsproducte der Harnsäure: Allantoin, Harnstoff, Oxalsäure in Lösung gehen]. Diese Probe kann im Harne Zucker vortäuschen!

Aeltere Bestimmung. II. Die ältere quantitative Bestimmung, welche darin besteht, dass man 100 Ccmtr. Harn mit 5 Ccmtr. concentrirter Salzsäure vermischt und die nach 48 Stunden ausgeschiedene Harnsäure auf einem vorher gewogenen Filtrum sammelt, mit Wasser wäscht und schliesslich getrocknet wiegt, ist nicht hinreichend genau. *Methode nach Fokker und Salkowski.* Die genaueste Methode von Salkowski ist sehr umständlich und daher vom Praktiker schwer auszuführen. Wir theilen hier die von Salkowski modificirte Fokker'sche Methode mit, welche ziemlich genaue Resultate gibt: 200 Ccmtr. Harn werden mit Natriumcarbonat stark alkalisch gemacht, nach einer Stunde setzt man 20 Ccmtr. concentrirter Lösung von Chlorammonium hinzu, wodurch sich saures harnsaures Ammonium abscheidet; die Mischung bleibt kühl 48 Stunden stehen; dann wird durch ein kleines gewogenes Filter filtrirt, und letzteres 2—3mal gewaschen. Nun wird das Filter mit verdünnter Salzsäure gefüllt, und das Filtrat wird in einem reinen Glase aufgefangen. Es wird so oft noch Salzsäure durch das Filter nachgegossen, bis augenscheinlich alles harnsaure Ammonium auf dem Filter gelöst ist. Das sämmtliche Filtrat bleibt 6 Stunden stehen, in ihm scheidet sich alle Harnsäure ab, die nun auf dasselbe Filter gegeben wird. Nun wäscht man das Filter noch zweimal mit Wasser, dann mit Alkohol bis zum Verschwinden der sauren Reaction, trocknet bei 110° C. und wiegt. Zu dem (das ursprüngliche Filtergewicht übersteigenden) Gewicht addirt man noch 0,030 Gr. Sehr diluirte Harne engt man vor der ganzen Procedur zuerst auf 1017—1020 specifisches Gewicht ein.

262. Kreatinin = $C_4H_7N_3O$.

Das Kreatinin (Liebig) stammt aus dem im Muskel vorkommenden Kreatin, aus welchem es (durch Erhitzen in wässeriger Lösung) unter Wasserabgabe gewonnen wird (auch umgekehrt geht Kreatinin unter Wasseraufnahme in Kreatin über); *Menge.* seine abgeschiedene Menge beträgt täglich 0,6—1,3 Gramm; Fleischnahrung vermehrt dasselbe.

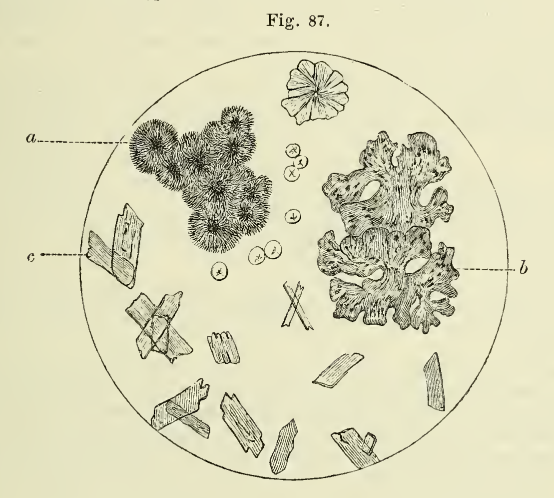
Bei progressiver Muskelatrophie fand man es vermindert, ebenso bei Anämie, Marasmus, Chlorose, Schwindsucht, Paralyse; vermehrt zeigt es sich im Typhus und bei Lungenentzündung (K. B. Hofmann); im Hungerzustande fehlt es nicht.

Chemische Eigenschaften. Kreatinin ist eine starke Base, leicht in Wasser und heissem Alkohol löslich; es bildet farblose schiefe rhombische Säulen. Es verbindet sich mit Säuren, aber auch mit Salzen: Silbernitrat, Quecksilberchlorid und Chlorzink. Das Kreatinin-Chlorzink (Figur 87) wird zur Erkennung des Kreatinins dargestellt. Kreatinin ist von Volhard künstlich dargestellt; mit Barytwasser gekocht zerfällt es in Harnstoff und Sarkosin. Verfüttert oder in die Venen gespritzt erscheint es grösstentheils unverändert im Harne wieder.

Xanthin = $C_5H_4N_4O_2$.

Das Xanthin (Marcet) findet sich im Harn nur auf 300 Kilo 1 Gr. (Neubauer); es ist ein amorphes gelblich-weisses Pulver, in kochendem Wasser ziemlich leicht löslich. (Man fand es in Spuren auch in Muskeln, Hirn, einigen Drüsen.) Nach Schwefelcuren und bei Leukämischen soll es etwas reicher im Harne sein. Sehr selten bildet es Harnsteine. Es stellt ein Mittelglied zwischen Sarkin und Harnsäure dar; Guanin und Hypoxanthin lassen sich in Xanthin überführen. Mit Salpetersäure abgedampft hinterlässt es einen gelben Fleck, der mit Kali gelbroth, bei weiterem Erhitzen violettroth wird. Ich fand einen die Reaction der Xanthinkörper gebenden Körper in den Excretionsorganen der Taenien, aus denen er in absolutem Alkohol durch Druck ausgepresst werden kann. [Guanin $C_5H_5N_5O$, das im Guano und im Spinnenharne angetroffen wird, geht durch Untersalpetersäure in Xanthin über; bei der Verfütterung steigt der Harnstoff (Kerner). Man fand es in den Muskeln kranker Schweine (Guaningicht, Virchow)].

Fig. 87.



Kreatininchlorzink: *a* Kugelige Drusen mit radiärer Streifung. — *b* Rasenförmige Gruppen nach Umkrystallisiren aus Wasser. — *c* Seltenere Form aus alkoholischem Extract.

Sarkin (Hypoxanthin) = $C_5H_4N_4O$.

Bis jetzt nur im Harn bei Leukämie gefunden, sonst in Form von Nadeln oder abblätternder Schuppen dargestellt (Scherer) aus Fleisch, Milz, Thymus, Nebenniere, ? Hirn, Knochen. Es zeigt mit Xanthin grosse Aehnlichkeit, in welches es durch Oxydation übergeführt werden kann. Wasserstoff in statu nascendi reducirt umgekehrt Harnsäure in Sarkin und Hypoxanthin. Mit Salpetersäure verdunstet gibt es einen lichtgelben Fleck, der durch Natronlauge etwas gesättigter, aber nicht rothgelb wird. Es ist leichter löslich in Wasser als Xanthin; hierdurch ist ein Trennungsmittel beider gegeben. (Guanin ist in Wasser ganz unlöslich.)

Oxalursäure = $C_3H_4N_2O_4$.

Diese in sehr geringen Mengen im Harne (als Ammoniumsalz) vorkommende Säure (Schunck) ist in Wasser wenig löslich und stellt ein lockeres weisses Pulver dar. Physiologisch ist sie vornehmlich interessant durch ihre Verwandtschaft zur Harnsäure. Letztere spaltet sich nämlich durch Oxydationsmittel unter Wasseraufnahme in Alloxan + Harnstoff

Entstehung.

$$\underset{\text{Harnsäure}}{C_5H_4N_4O_3} + H_2O + O = \underset{\text{Alloxan}}{C_4H_2N_2O_4} + \underset{\text{Harnstoff.}}{CON_2H_4}$$

Das Alloxan zerfällt nach O-Aufnahme wieder in CO_2 und Parabansäure

$$\underset{\text{Alloxan}}{C_4H_2N_2O_4} + O = CO_2 + \underset{\text{Parabansäure.}}{C_3H_2N_2O_3}$$

Nimmt Parabansäure 1 Mol. Wasser auf, so entsteht Oxalursäure

$$\underset{\text{Parabansäure}}{C_3H_2N_2N_3} + H_2O = \underset{\text{Oxalursäure.}}{C_3H_4N_2O_4}$$

Endlich zerfällt die erhitzte wässerige Lösung der Oxalursäure in Oxalsäure + Harnstoff

$$\underset{\text{Oxalursäure}}{C_3H_4N_2O_4} + H_2O = \underset{\text{Oxalsäure}}{C_2H_2O_4} + \underset{\text{Harnstoff.}}{CON_2H_4}$$

Oxalsäure.

Oxalsäure = $C_2H_2O_4$.

Die Reihe der chemischen Zersetzungen der Oxalursäure führt uns zugleich zur Oxalsäure. Diese kommt (nicht constant) bis zu 20 Milligr. pro Tag im Harn als oxalsaurer Kalk vor, kenntlich an seinen in „Briefcouvertform" (Figur 97 B) auftretenden, in Essigsäure unlöslichen hellen Quadratoctaëdern; seltener ist die Bisquit- oder Sanduhrform (c).

Nach Neubauer soll im Harne auch gelöster oxalsaurer Kalk, und zwar durch saures phosphorsaures Natrium in Lösung gehalten, vorkommen. Die Ausscheidung dieses erfolgt (in Krystallen) um so vollständiger, je mehr der Harn sich der neutralen Reaction nähert.

Die genetische Beziehung der Oxalsäure zur Harnsäure wird auch dadurch erwiesen, dass Hunde nach Fütterung von Harnsäure viel oxalsauren Kalk entleeren (Frerichs, Wöhler). Es muss jedoch noch betont werden, dass die Oxalsäure auch als Oxydationsproduct von Derivaten aus der Fettsäurenreihe (pag. 461) hergeleitet werden kann.

Genuss von Substanzen, welche oxalsauren Kalk enthalten (z. B. Sauerampher) vermehrt die Ausscheidung. Citronensäure mit Ozon behandelt liefert CO_2 und Oxalsäure (v. Gorup-Besanez); daher erklärt sich auch das Vorkommen des oxalsauren Kalkes im Harne nach Citronengenuss. [Man fand auch oxalsauren Kalk im Gallenblasenschleim und auf der Schleimhaut des schwangeren Uterus.] Vermehrte Ausscheidung von Oxalsäure im Harn wird als Oxalurie bezeichnet und als Zeichen retardirten Stoffwechsels angesehen (Beneke); sie kann wegen eintretender Steinbildung gefährlich werden. Bei der Oxalurie fand man oft die Harnsäure vermehrt. Vielleicht bestand zuerst im Körper vermehrte Bildung von Harnsäure; aus dieser könnte Oxalsäure, Harnstoff, CO_2 hervorgegangen sein (siehe Harnsäure; Zersetzungen).

Hippursäure.

Hippursäure = $C_9H_9NO_2$.

Diese im Harne der Herbivoren reichlich (Liebig) und zwar als der Hauptrepräsentant der N-haltigen Umsatzproducte des Stoffwechsels, im Menschenharn nur in geringen (0,3—2,8 Gr. pro Tag) Mengen auftretende, geruchlose, bitterlich schmeckende einbasische Säure, krystallisirt in farblosen vierseitigen Prismen. Sie ist in Alkohol leicht, in Wasser nur in 600 Theilen löslich.

Entstehung.

Sie ist eine gepaarte Säure und entsteht im Körper aus Benzoësäure (oder aus der ihr chemisch sehr nahe stehenden Cuticularsubstanz der Pflanzen, oder aus Bittermandelöl, Zimmtsäure, Chinasäure, die leicht durch Reduction (Chinasäure) oder Oxydation (Zimmtsäure) in Benzoësäure übergehen), zu welcher sich Glycin hinzu paart, unter Wasserabgabe (vgl. pag. 318):

$$C_7H_6O_2 + C_2H_5NO_2 = C_9N_9NO_3 + H_2O$$
$$\text{Benzoësäure} + \text{Glycin} = \text{Hippursäure} + \text{Wasser}.$$

Hiernach ist ihre Bildung also ganz vornehmlich von der Nahrung abhängig (Weismann, Meissner, Shepard). Daher fehlt sie im Harne saugender Kälber.

Da aber auch die Albuminate durch Oxydationsmittel Benzoësäure und Bittermandelöl zu liefern im Stande sind, so kann auch aus zerfallenden Albuminaten Hippursäure sich im Körper bilden. So erklärt es sich, dass man sie auch im Harne des Hungernden antrifft. Ob die Bildung der Hippursäure in der Leber (Kühne und Hallwachs) oder in der Niere vor sich gehe (Schmiedeberg, Bunge), ist noch unentschieden. [Auch diejenigen Kohlenwasserstoffe, in denen im Benzolkern H durch Methyl (CH_3) ersetzt ist, paaren sich im Körper mit Glycin ähnlich wie die Benzoësäure bei der Hippursäurebildung.]

Nach Genuss von Birnen, Pflaumen, Preisselbeeren (Lücke), Aepfeln mit den Schalen nimmt sie sehr zu. Auch bei Icterus, Leberkrankheiten und Diabetes ist sie vermehrt. — Sind grössere Mengen im Menschenharn, so tritt sie im Sedimente auf, aus welchem man sie durch Auskochen mit Alkohol isolirt. — Gekocht in starken Säuren oder Alkalien, oder in Verbindung mit faulenden Substanzen zerfällt sie unter H_2O-Aufnahme wieder in Benzoësäure und Glycin.

Kynurensäure.

Im Harne des Hundes findet sich noch neben Harnsäure die Kynurensäure $C_{20}H_{14}N_2O_6 + H_2O$ (Liebig).

Allantoin.

Allantoin $= C_4H_6N_4O_3$.

Dieser Körper (ein Bestandtheil der Amniosflüssigkeit der Kuh) findet sich in Spuren zumal nach Fleischgenuss normal im Harne (Gusserow, Hermann), reichlicher in der ersten Lebenswoche und bei Schwangern.

[Nach Einnehmen grösserer Mengen Gerbsäure steigt die Menge im Harne (Schottin); beim Hunde nach Verfütterung von Harnsäure (Salkowski).]

Es bildet glänzende prismatische Krystalle; aus dem Harne saugender Kälber krystallisirt es in durchsichtigen Prismen schon beim Eindampfen bis zum Syrup und tagelangem ruhigen Stehen aus. Durch Fermente wird es in Harnstoff, oxalsaures und kohlensaures Ammonium und eine nicht näher bekannte Säure zerlegt. In Wasser ist es leicht, in Alkohol schwer, in Aether gar nicht löslich. Zur Darstellung wird der Harn durch Baryt und dann mit Schwefelsäure seiner Salze beraubt, dann ein Alkoholextract daraus bereitet, aus welchem Schütteln mit Aether es ausfällt.

263. Farbstoffe des Harnes.

Urobilin.

1. Das Urobilin (Jaffé) besonders reichlich in stark gefärbten Fieberharnen, aber auch in normalen Harnen, ist ein Abkömmling des Hämatin's (pag. 45), beziehungsweise des aus diesem hervorgehenden Gallenfarbstoffes, und zwar als solcher wohl identisch mit Maly's Hydrobilirubin (pag. 320). Er gibt dem Harne rothes oder rothgelbes Colorit, das nach Vermischung mit Ammoniak in Gelb übergeht.

Wird der Harn mit Natron oder Kali versetzt, so geht der zwischen b F liegende charakteristische Absorptionsstreif näher an b heran und wird viel dunkler und schärfer begrenzt. Mitunter (nach Hoppe-Seyler stets) entsteht Urobilin im Harn erst nach der Entleerung durch O-Aufnahme seitens eines anderen Urobilin-bildenden gelben Körpers. Wird der mit Ammoniak alkalisch gemachte Urobilin-haltige Harn mit Chlorzink versetzt, so zeigt er eine ganz bedeutende Fluorescenz: starken grünen Schimmer zumal bei auffallenden Sonnenstrahlen (das isolirte Urobilin fluorescirt auch ohne Chlorzink-

Zusatz). In Fällen von Icterus (pag. 323), in denen mitunter die Gmelin'sche Gallenfarbstoffprobe ausbleibt (Frerichs, v. Bamberger) findet sich Urobilin (Gerhardt, Loebisch).

Urochrom. 2. Das Urochrom (Thudichum) wird als der eigenthümliche gelbe Farbstoff des Harnes angesehen. Es lässt sich in gelben Krusten isoliren, die in Wasser, sowie in verdünnten Säuren und Alkalien löslich sind. Die wässerige Lösung oxydirt sich an der Luft unter Röthung durch Bildung von Uroërythrin (Thudichum). Mit Säuren behandelt treten weitere Spaltungsproducte auf, unter ihnen das Uromelanin. Das Uroërythrin färbt oft schön roth die Sedimente von saurem harnsauren Natron. (Vgl. pag. 479.)

Schwarze Farbstoffe findet man oft im Harn mit Carbol behandelter Kranken. Bei melanotischem Krebse wurde von Zeit zu Zeit ebenfalls sich schwärzender Harn beobachtet, von Melanin herrührend.

Indican. 3. Indigobildende Substanz im Harne. Diese leitet ihren Ursprung ab von dem Indol C_8H_7N [dem eigentlichen Kernstoffe des Indigo's (Bayer)], welches im Darme durch die Pancreasverdauung der Eiweisskörper (pag. 308) und zwar als eine Fäulnisszersetzung entsteht (pag. 332). Es bildet sich auch aus Hämatin oder Bilirubin durch Erhitzen mit Zinnstaub und Aetzkali (E. Ludwig). Das Indol mit dem Schwefelsäurerest SO_3H gepaart stellt das sogenannte Indigogen oder Indican des Harnes dar (Baumann), einen braungelben, bitteren, ekelhaft schmeckenden, dickflüssigen Stoff; es ist eine stärkere Säure als Essigsäure oder Hippursäure. Das Indican ist ein gelber Farbstoff, der im Menschenharn mässig spärlich, reicher im Hundeharn, noch reicher im Pferdeharn vorkommt.

Nachweis des Indicans. Zum Nachweise versetzt man 40 Tropfen Harn mit 3—4 Ccmtr. stark rauchender Salzsäure und 2—3 Tropfen Salpetersäure. Erhitzt bildet sich eine violettrothe Färbung unter Abscheidung von echtem krystallinischen (rhombischen) Indigoblau und Indigoroth. Durch Fäulniss wird das Indican ähnlich zerlegt; daher beobachtet man auf faulem Harne nicht selten ein blauroth schillerndes Häutchen von mikroskopischen Indigoblau-Krystallen, oder einen Bodensatz derselben.

Zum Nachweise kann man auch Harn mit 2 Theilen Salpetersäure bis gegen 70° erhitzen und mit Chloroform schütteln. Letzteres löst das gebildete Indigo, färbt sich violett und zeigt im Spectroskope einen Absorptionsstreif zwischen C und D (Hoppe-Seyler) etwas nach D hin verschoben.

Heller nannte das von ihm entdeckte Indican Uroxanthin. Jaffé fand in 1500 Ccmtr. normalen Menschenharnes 4,5—19,5 Milligramm Indigo; der Pferdeharn enthält 23mal mehr. Subcutane Injectionen von Indol vermehren das Indican im Harne (Jaffé). — Man fand es auch im Schweisse (Bizio).

264. Phenolbildende und brenzkatechinbildende Substanz.

Phenol. Das Phenol C_6H_6O (Carbolsäure) wurde von Städeler als Bestandtheil des Menschenharnes nachgewiesen. Doch kommt dasselbe nicht isolirt, sondern in einer Substanz vor, aus welcher sie erst durch Destillation mit verdünnten Mineralsäuren ausgetrieben wird. Diese

phenolbildende Substanz ist nach Baumann die Phenylschwefelsäure $C_6H_5O \cdot SO_3H$; sie ist im Harne mit Alkalien als Salz gebunden.

Wird Phenol innerlich oder äusserlich angewendet, so nimmt die Phenylschwefelsäure im Harne sehr zu (Almén, Salkowski). Es muss also Schwefelsäure an sie herantreten; deshalb wird Alkalisulphat im Körper zerlegt, so dass letzteres dann im Harne sogar völlig fehlen kann (Baumann).

Das Phenol entsteht aus den Zersetzungen der Albuminate durch die Pancreasverdauung (pag. 308) und zwar durch Fäulnissprocesse (pag. 332). Die Bildung der Phenylschwefelsäure verhält sich daher ganz analog der Bildung des Indicans (indigobildende Substanz).

Brenzkatechin.

Brenzkatechin (reichlich im Harne eines Kindes beobachtet; Ebstein, Müller) verhält sich dem Indol und Phenol ganz analog, indem dasselbe gleichfalls mit Schwefelsäure gepaart, die brenzkatechinbildende Substanz bildet (Baumann). Kleine Mengen kommen oft im Menschenharne vor; man erkennt sie durch das Dunkelwerden des Harnes durch Fäulniss.

Vielleicht entwickelt sich Brenzkatechin im Körper aus zersetzten Kohlehydraten, aus denen Hoppe-Seyler dasselbe durch Erhitzen mit Wasser unter hohem Druck, sowie durch Behandlung mit Alkalien entstehen sah.

Rhodankalium.

Endlich kommen noch im Harne vor: Rhodankalium (Gscheidlen, Külz), aus dem Speichel stammend, welches nach Ansäuern mit Salzsäure durch die pag. 271 angegebene Eisenchloridprobe erkannt wird. In 1 Liter Menschenharn kommen 0,02—0,08 Schwefelcyansäure (an Alkali gebunden) vor (Gscheidlen, Munk).

Bernsteinsäure.

Bernsteinsäure $C_4H_6O_4$ (Meissner, Shepard) findet sich namentlich nach Fleisch- und Fettkost; bis zum Verschwinden wenig nach Pflanzenkost. Als Zersetzungsproduct des Asparagins ist sie reichlich im Harne nach Spargelgenuss; auch als Product der alkoholischen Gährung (vgl. 155, I, pag. 276) gelangt sie beim Gebrauch von Spirituosen in den Körper: denn sie geht innerlich verabreicht unzersetzt in den Harn (Neubauer).

Milchsäure.

Milchsäure $C_3H_6O_3$ ist ein constanter Bestandtheil des Harnes (Lehmann, Brücke). [Andere fanden Gährungsmilchsäure in diabetischem Harne; Fleischmilchsäure nach Phosphorvergiftung, acuter Leberentartung, Osteomalacie.] — Pepsin fand Brücke in geringen Mengen constant im Harne; Haas eine durch Alkohol extrahirbare, zumal im concentrirteren Tagharne vorkommende, nicht näher bestimmte „linksdrehende Substanz“.

Pepsin.

Nephrozymose.

Bechamp's „Nephrozymose“ wird durch Fällen des Harnes mit der dreifachen Menge 90% Alkohols dargestellt. Es ist ein albuminoider Körper, der bei 60—70° C. Stärke in Zucker zu verwandeln vermag (Vintschgau).

Zucker.

Vielleicht kommen dem normalen Harne Spuren von Zucker zu (Brücke), allerdings nur 0,0002% (Bence Jones). — Unbeständig sind Spuren flüchtiger Fettsäuren.

Kryptophansäure.

Nach Thudichum soll noch im Harn eine Säure Kryptophansäure $C_5H_9NO_5$ vorkommen, welche die normale freie Säure des Harnes sein soll. (Anderweitig nicht gefunden.)

II. Die anorganischen Bestandtheile des Harnes.

Die anorganischen Bestandtheile werden entweder bereits als solche dem Körper mit der Nahrung einverleibt und gelangen unverändert in den Harn, oder sie werden neugebildet, indem der S und der P der Nahrungsmittel verbrannt werden und sich nun mit Basen zu Salzen vereinigen.

Es werden täglich 9—25 Gr. Salze durch den Harn entleert.

Kochsalz.

1. Das Chlornatrium (Kochsalz), 12 (10—13) Gr. täglich, erscheint bald vermehrt: nach der Mahlzeit, durch Bewegungen, durch starkes Wassertrinken, durch Steigerung der Harnmenge überhaupt, durch reichere Zufuhr von Kochsalz, aber auch von Kaliumsalzen; — bald vermindert, zumal unter den entgegengesetzten Bedingungen.

Ausscheidung in Krankheiten.

Unter krankhaften Verhältnissen ist die Kochsalzabsonderung sehr herabgesetzt: bei der Lungenentzündung und anderen mit entzündlichen Ergüssen einhergehenden Affectionen. Aehnliches beobachtet man bei anhaltenden Durchfällen und Schweissen, constant auch bei Eiweissharnen und bei Wassersuchten.

Bei sonstigen chronischen Krankheiten hält die Ausscheidung der Menge des Kochsalzes ziemlich gleichen Schritt mit der Entleerung der Harnmenge überhaupt. In Excitationszuständen ist das Kochsalz vermindert, das Chlorkalium vermehrt; in Depressionszuständen umgekehrt (Zülzer).

Qualitativer Nachweis.

Zur qualitativen Bestimmung wird Harn im Reagenzglase mit etwas Salpetersäure angesäuert und nun mit Silbernitratlösung versetzt, wobei ein käsiger weisser Niederschlag von Chlorsilber entsteht. (Aus eiweisshaltigem Harne muss zuvor eine Entfernung des Eiweisses durch Kochen statthaben.) — Bei mikroskopischer Untersuchung achte man auf die treppenförmig gebildeten Würfel von Kochsalz, zugleich aber auch auf die Krystalle von Chlornatrium-Harnstoff.

Quantitative Bestimmung.

Zur quantitativen Bestimmung des Kochsalzes (nach Mohr) wird also verfahren: 10 Ccmtr. Harn werden in einem Platintiegel mit 2 Gr. (chlorfreien) Salpeter versetzt; die Mischung wird zuerst im Wasserbade getrocknet, dann erst langsam, später stark in offenem Feuer völlig verbrannt. Der Rückstand wird mit wenig Wasser in einem kleinen Becherglase gelöst; die Lösung wird mit einigen Tropfen verdünnter Salpetersäure sauer gemacht; dann stumpft man die Säure durch eine Messerspitze voll (chlorfreien) kohlensauren Kalk wieder ab. Nun fügt man 2 Tropfen dünner Lösung von neutralem chromsauren Kalium hinzu und lässt aus einer Bürette unter Umrühren so lange eine titrirte Lösung von Silbernitrat einfliessen [von der 1 Ccmtr. 10 Milligramm Kochsalz = 6,065 Milligramm Chlor bindet], bis nach völliger Bindung von allem Chlor zuerst eine dauernde rothe Färbung durch Bildung von chromsaurem Silberoxyd entsteht.

Phosphorsäure.

2. Phosphorsäure kommt im Harne in saurem phosphorsauren Natrium und in saurem phosphorsauren Kalk und Magnesia vor; sie beträgt etwa 2 Gr. pro Tag, ist jedoch reichlicher bei animalischer, als vegetabilischer Kost. Nach dem Mittagsmahl steigt ihre Menge bis zum Abend, sinkt dann in der Nacht bis zu dem nächsten Vormittage. Sie stammt zum Theil aus phosphorsauren Alkalien und Erden der Nahrung, zum Theil ist sie Stoffwechselproduct des Lecithins und Nucleins. Da nämlich der P ein wichtiger

Bestandtheil des Nervensystemes ist, so erklärt es sich, dass bei Nervenerregungen und geistiger Thätigkeit aus dem grösseren Lecithinverbrauch vermehrte Phosphorsäure im Harne erscheint (Sülzer, Strübing).

Verhalten in Krankheiten. In Fiebern weist die vermehrte Ausscheidung von phosphorsaurem Kali auf eine Consumption von Blut und Muskel hin (vgl. pag. 409, 3). Auch bei Hirnhautentzündung, Knochenerweichung und Oxalurie soll die Phosphorausscheidung gesteigert sein. — Während der Schwangerschaft ist sie wegen der Knochenbildung des Fötus vermindert.

Qualitativer Nachweis. Zur qualitativen Bestimmung versetzt man Harn im Reagenzglase mit Kalilauge und erhitzt: es fallen die Erdphosphate flockig zu Boden (nicht das phosphorsaure Natrium).

Quantitative Bestimmung. Zur quantitativen Bestimmung ist nöthig: eine titrirte Lösung von essigsaurem Uranoxyd, von welcher 1 Ccmtr. = 0,005 Gr. Phosphorsäure bindet. Ausführung: 50 Ccmtr. Harn werden mit 5 Ccmtr. einer Lösung essigsauren Natrons versetzt (enthaltend 100 Gr. letzteren Salzes und 100 Ccmtr. starker Essigsäure bis zu 1 Liter mit Wasser verdünnt), und es wird erwärmt. Nun lässt man die Titrirlösung unter Umrühren einlaufen so lange als man noch Fällung spürt. Sobald freies Uranoxyd in der Flüssigkeit ist, gibt eine kleine Probe der Mischung in einem Uhrglase mit Kaliumeisencyanürlösung versetzt eine braunrothe Reaction.

Bindung der Schwefelsäure. 3. Schwefelsäure ist im Harne theils an Alkalimetallen, theils an Indol, Phenol und Brenzkatechin in Form von aromatischen Aetherschwefelsäuren (Baumann) gebunden, beide in dem Verhältniss wie 1 : 0,1045 (von den Velden). Alle Momente, welche die Bildung von Indol, Phenol oder Brenzkatechin begünstigen, vermehren die gepaarten Schwefelsäuren. Die gesammte ausgeschiedene Schwefelsäure beträgt 2,5—3,5 Gr. pro Tag; nach Genuss von Schwefel steigt sie (Krause). Die Schwefelsäure stammt ganz vornehmlich aus der Zersetzung der Albuminate, und deshalb geht ihre Menge durchweg der Menge des ausgeschiedenen Harnstoffes parallel. (Die Zufuhr schwefelsäurehaltiger Alkalien in der Nahrung ist überdies in der Regel nur sehr gering.)

Schwefelsäure in Krankheiten. Vermehrte Schwefelsäure-Ausgabe im Fieberharne zeigt vermehrten Gewebsumsatz im Körper an. Bei Nierenentzündungen sah man einige Verminderung, bei Ekzem starke Vermehrung der Schwefelsäure im Harne. — Bei Kaninchen (nicht bei Carnivoren und Menschen) bewirkt Fütterung des S-haltigen Taurins vermehrte Schwefelsäure im Harne (Salkowski).

Qualitativer Nachweis. Der qualitative Nachweis wird geführt durch Zusatz von Chlorbaryum zum Harn, der einen feinen weissen unlöslichen Niederschlag von Baryumsulphat liefert.

Quantitative Bestimmung. Zur quantitativen Bestimmung nimmt man 50 Ccmtr. Harn, säuert sie stark mit Essigsäure an und setzt ein gleiches Volumen Wasser und Chlorbaryum zu. Nach $^3/_4$ Stunden Erwärmen auf dem Wasserbade hat sich der Niederschlag abgesetzt. Dieser wird auf dem Filtrum gesammelt, erst mit Wasser, dann mit warmer verdünnter Chlorwasserstoffsäure und schliesslich abermals mit Wasser ausgewaschen. Das so gereinigte schwefelsaure Baryum wird geglüht und gewogen: in ihm ist alle an Salzen gebundene Schwefelsäure vorhanden.

Das Filtrat und das Waschwasser enthalten noch die gepaarten Schwefelsäuren. Es wird das vereinigte Fluidum mit $^1/_8$ seines Volumens concentrirter Chlorwasserstoffsäure vermischt und längere Zeit erwärmt. Es scheidet sich schwefelsaures Baryum und harzige Masse ab. Man filtrirt, löst und wäscht mit heissem Alkohol die harzigen Massen vom Filter weg, wäscht

mit heissem Wasser schliesslich nach, trocknet und glüht. — 1 Theil Baryumsulphat entspricht 0,3433 Schwefelsäure.

4. Sehr geringe Mengen von Kieselsäure, Salpetersäure, aus dem Trinkwasser stammend, fand man im Harne. Bei der Harngährung werden die salpetersauren Salze zu salpetrigsauren reducirt. Nach Genuss von pflanzensauren Salzen erscheinen kohlensaure Salze im Harne, der dann auf Säurezusatz aufbraust (Wöhler).

Natrium. Natrium ist im Harne vorwiegend an Chlor, etwas an Phosphorsäure und Harnsäure gebunden; Kalium (bis gegen 1/3 des Natriums betragend) vornehmlich an Chlor. Calcium und Magnesium finden sich in saurem normalen Harne als Chloride oder saure Phosphate. Wird der Harn neutral, so fällt neutraler phosphorsaurer Kalk und Magnesiumphosphat aus; wird er alkalisch, so scheidet sich Calciumcarbonat oder dreibasisch-phosphorsaures Calcium aus, das Magnesium aber in Form von phosphorsaurer Ammonium-Magnesia (Tripelphosphat). Freies Ammoniak (0,72 Gr. pro Tag) ist auch in ganz frischem Harne (Neubauer, Heinz, Brücke), ebenso fehlt Eisen (3—11 Milligramm im Liter) niemals. Ferner findet sich etwas Wasserstoffsuperoxyd (Schönbein), erkennbar durch Entfärbung von Indigolösung auf Zusatz von etwas Eisensulphat. — In 100 Volumen ausgepumpter Harngase sind 65,40 Volumina CO_2; 2,74 O; 31,86 N. — Nach sehr starker Muskelaction kann die CO_2-Menge auf das Doppelte steigen; auch die Verdauung bewirkt Zunahme.

Kalium, Calcium Magnesium. *Ammoniak.* *Eisen.* *H_2O_2* *Gase.*

Unterschwefelige Säure. Schwefelwasserstoff. Abnormer Weise fand man im Harne unterschwefelige Säure als Alkalisalz beim Typhus (Strümpell); ebenso abnorm ist das mitunter beobachtete sich entwickelnde Schwefelwasserstoffgas (erkennbar durch Schwärzung eines über dem Harne mit essigsaurem Blei und etwas Ammoniak angefeuchteten Papiers).

265. Spontane Veränderungen des Harnes

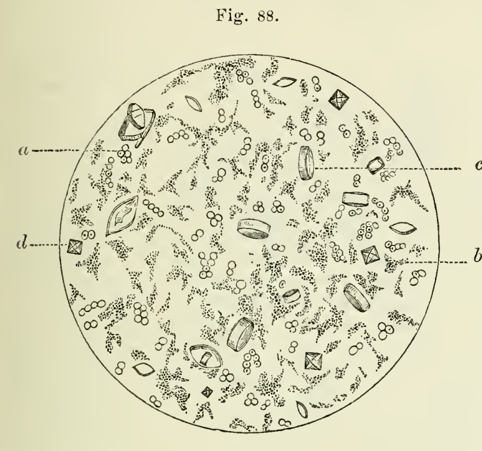
beim Stehenlassen: saure und ammoniakalische Harngährung.

Saure Harngährung. An einem kühlen Orte aufbewahrt zeigt normaler Harn zunächst eine von Tag zu Tag zunehmende stärkere Säuerung: „saure Harngährung“. Dieselbe entsteht durch die Entwickelung eigenartiger Gährungspilze (Figur 88 a) und wird begleitet durch Ausscheidung von Harnsäure (c), saurem harnsauren Natron in amorphen Krümeln (b) (und oxalsaurem Kalk). Nach Scherer sollen die Gährungspilze mit dem Blasenschleime den Harnfarbstoff zum Theil zersetzen in Milchsäure und Essigsäure. Letztere treiben dann die Harnsäure aus dem neutralen harnsauren Natron aus, so dass eben freie Harnsäure und saures harnsaures Natron sich bilden muss.

Auch Buttersäure und Ameisensäure fand man als abnorme Zersetzungsproducte anderer Harnbestandtheile im Harne. Mit dem Beginne der sauren Gährung scheint der Harn O zu absorbiren (Pasteur).

Nach Brücke ist es die Milchsäure, die sich aus den geringen Zuckermengen des normalen Harnes bildet, welche den beschriebenen Process bewirkt. Endlich nach Voit und Hofmann soll vom sauren phosphorsauren Natron sich Phosphorsäure unter Bildung des basischen Salzes abspalten und Harnsäure aus harnsaurem Natron theils verdrängen, theils sie zur Umlagerung in saure Urate veranlassen.

Fig. 88.

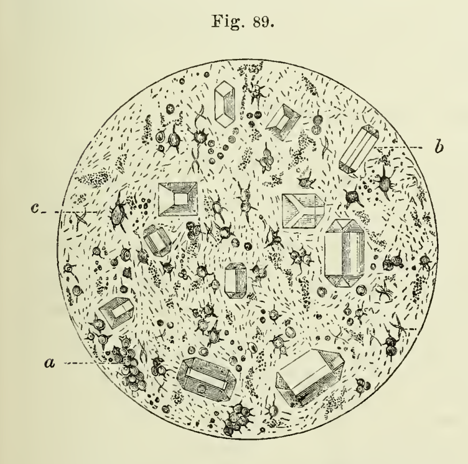


Sedimente bei der sauren Harngährung: *a* Gährungspilze. — *b* Amorphes saures harnsaures Natrium. — *c* Harnsäure. — *d* Oxalsaurer Kalk.

Ammoniakalische Harn-Gährung.

Bei längerem Stehen und begünstigt durch die Wärme geht der Harn endlich in die ammoniakalische Gährung über (Figur 89), indem während der Entwickelung kleinster, stäbchenförmiger niederer Organismen (Bacterien) (c) der Harnstoff (das Biamid der CO_2) unter Aufnahme von H_2O sich in CO_2 und Ammoniak zerlegt.

Fig. 89.



Sedimente bei der ammoniakalischen Harngährung: *a* Saures harnsaures Ammonium. — *b* Phosphorsaure Ammoniak-Magnesia. — *c* Stäbchenförmige andere Organismen: Bacterien.

Nach Musculus wirkt bei dieser Zersetzung ein ungeformtes (von ihm isolirt dargestelltes Ferment, welches vielleicht ein Product der niederen Organismen ist. Durch die Gegenwart des Ammoniaks im Harne trübt sich dieser, weil sich Substanzen ausscheiden, welche sich nicht mehr in Lösung zu erhalten vermögen: Phosphate der Erden, saures harnsaures Ammonium (a) in Form glänzender, dunkler, bestachelter Kugeln („Stechapfel-“ oder „Morgensternkugeln“), endlich die grossen wasserklaren, „sargdeckelförmigen“ Krystalle von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia (b). — Bei Katarrhen und Entzündungen der Blase kann diese Gährung bereits

innerhalb der Blase erfolgen; alsdann sind jedoch dem Harne noch Lymphoidzellen (Eiterkörperchen) (b) und abgelöste Epithelien (a) in grösserer Zahl beigemischt. Bei reicher Eiterbeimischung wird dann

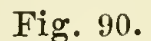
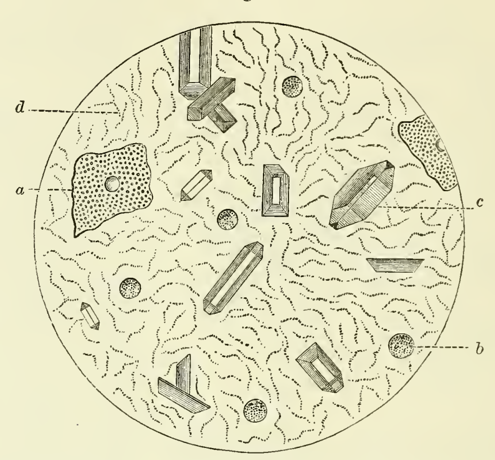


Fig. 90.



Harnsediment bei Blasenkatarrh (bei der ammoniakalischen Harngährung vorhanden). *a* Abgestossenes Blasenepithel. — *b* Lymphoidzellen (Eiterkörperchen). — *c* Phosphorsaure Ammoniak-Magnesia. — *d* Bacterien (Vibrionen).

der Harn auch eiweisshaltig. Jeder Harn mit ammoniakalischer Gährung entwickelt, wenn ein mit Chlorwasserstoffsäure befeuchteter Stab darüber gehalten wird, weisse Chlorammon-Nebel.

266. Abnorme Harnbestandtheile.

Serum-Eiweiss

1. Albumin stellt einen für den Arzt sehr wichtigen abnormen Harnbestandtheil dar. Es ist das Serumalbumin, dessen Eigenschaften beim Blute (pag. 57, I. a), und dessen charakteristische Reactionen bei Besprechung der Eiweisskörper (pag. 455) mitgetheilt sind.

Ursachen des Albumingehaltes des Harnes.

Serumalbumin erscheint im Harne: 1. Bei gesteigerten Druckverhältnissen im Gebiete der Nierengefässe, entweder für längere Zeit, oder vorübergehend, namentlich bei Stauungshyperämien in Herzleiden. — 2. Nach Durchschneidung oder Lähmung der vasomotorischen Nerven der Niere, wodurch hochgradiger Blutreichthum der Niere gesetzt wird. — 3 In Begleitung vieler acuter fieberhafter Krankheiten, zumal bei acuten Exanthemen (z. B. Scharlach), ferner bei Typhus, Pneumonie, Pyämie. Möglich, dass auch hier die gesteigerte Temperatur lähmend auf die Gefässe wirkt, wahrscheinlicher aber, dass der secretorische Apparat der Niere eine Veränderung erlitten hat (mitunter als sogenannte „trübe Schwellung“ der Epithelien der Harncanälchen erkennbar), die denselben unfähig machen, das Eiweiss zurückzubehalten. — 4. Entartungen der Nieren, wie Nierenschrumpfung, amyloide Degeneration, ferner Entzündungen in den verschiedenen Stadien ziehen ganz gewöhnlich Albuminurie nach sich. — 5. Eiweissübertritt, den man nach Gehirnerschütterung, Hirnhautentzündung, epileptischen Anfällen beobachtet, scheint durch Vermittelung des Nervensystemes zu erfolgen. — 6. Endlich können Entzündungen und Eiterungen in den ableitenden Harnwegen, von den Nierenkelchen bis zum Harnröhrenende den Harn eiweisshaltig machen. Alsdann findet man jedoch stets Eiterzellen im Harne, nicht selten

auch rothe Blutkörperchen oder ihre Auflösungsproducte und Fibringerinnsel. — 7. Gewisse Substanzen, welche reizend und entzündungserregend auf die Harnapparate wirken, sind endlich zu nennen: Canthariden, Carbolsäure. — 8. Merkwürdig ist das Auftreten von Eiweiss im Harn, nachdem man Kochsalz völlig aus der Nahrung entfernt hat. Nach erneueter Zufuhr verschwindet es wieder (Wundt, E. Rosenthal).

Qualitativer Eiweiss-Nachweis im Harn.

Der Nachweis des Albumins im Harne wird geliefert durch den Niederschlag, der entsteht:

a) durch Zusatz von Salpetersäure;

b) durch Zusatz von Essigsäure und Kaliumeisencyanür;

c) durch Erhitzung des sauer reagirenden Harnes, oder des alkalischen nach Zusatz von etwas Essigsäure bis zur schwach sauren Reaction.

Im alkalischen Harne kann das Kochen (durch Austreiben der CO_2 aus dem Harne) einen Niederschlag der Erdphosphate bewirken, die Eiweiss vortäuschen können. Setzt man jedoch nun etwas Essigsäure zu, so lösen sich diese wieder auf, während Eiweiss coagulirt wird. Zu der Eiweissreaction sollen nur klare Harne verwendet werden; trübe sind daher zuvor zu filtriren.

Quantitative Eiweiss-Bestimmung: Durch Wägung.

Die quantitative Bestimmung des Eiweisses geschieht also: 100 Ccmtr. Harn werden in einer Schale zum Kochen (eventuell nach Zusatz von etwas Essigsäure) erhitzt, wodurch das Eiweiss flockig ausfällt. Man sammelt den Niederschlag auf einem gewogenen, bei 110° getrockneten aschenfreien Filter, wäscht wiederholt mit heissem Wasser, dann mit Alkohol und trocknet völlig im Luftbade bei 110°. Das getrocknete Filtrum wird nun gewogen und es wird das Gewicht des Filtrums abgezogen. Endlich wird das Filtrum mit dem Eiweiss in gewogenem Platintiegel verascht, und das Gewicht der Asche wird gleichfalls noch abgezogen.

Die Bestimmung durch den Polarisationsapparat siehe beim Zucker.

durch das Diaphanometer.

J. Vogel's diaphanometrische Methode: 4—6 Ccmtr. Harn werden zu 100 Ccmtr. mit destillirtem Wasser verdünnt, mit etwas Essigsäure versetzt, aufgekocht und schnell gekühlt. Die Flüssigkeit gibt man in ein Diaphanometer (pag. 424) von 6,5 Cmtr. Dicke und sieht, ob durch diese Schicht noch ein Kerzenflammenbild sichtbar ist. Die Probe wird bei verschiedenen Concentrationen so oft wiederholt, bis man den Grad der Verdünnung gefunden hat, bei welchem die Umrisse der Flamme gerade verschwinden. Mit der Anzahl der verbrauchten Ccmtr. Harnes dividirt man die (empirisch festgestellte) Zahl 2,3553 (Dragendorff) und findet so den Procentgehalt des Harnes an Eiweiss.

Paraglobulin.

2. Paraglobulin wurde in Eiweissharnen in geringen Mengen angetroffen (Edlefsen, Senator); nach Letzterem soll es stets neben Serumalbumin vorkommen. Zum Nachweise lässt man durch den auf das 10—20fache (bis zu 1002—1003 spec. Gew.) verdünnten Harn 2—4 Stunden CO_2 durchströmen, wodurch ein feiner Niederschlag entsteht (vgl. pag. 57 c).

Pepton.

3. Pepton kommt in jedem Eiweissharn (Senator), aber wohl auch in eiweissfreien (Gerhardt) vor. Zum Nachweis wird durch Kochen unter Essigsäurezusatz das Eiweiss entfernt. Das klare Filtrat mit 3fachem Volumen Alkohol geschüttelt, lässt das Pepton ausfallen. In Wasser gelöst zeigt dieses die charakteristischen Reactionen (vgl. pag. 302).

Paralbumin.

4 Paralbumin (vgl. pag. 456) scheint nur sehr selten im Eiweissharn zu sein (Masing).

Eieralbumin.

5. Eieralbumin tritt nach reichem Genusse im Harne auf (vgl. pag. 352, 4).

Schleim.

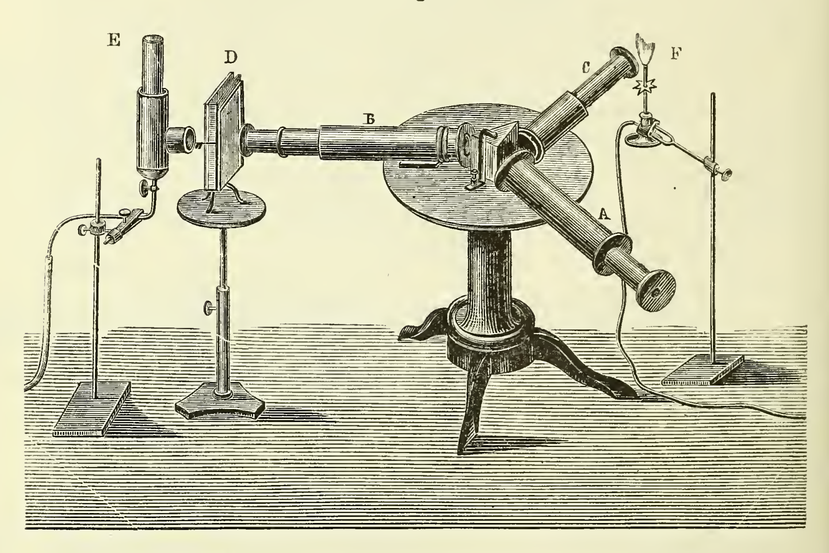
6. Schleim ist in reichlicher Menge bei Katarrhen der Harnorgane, namentlich der Blase vorhanden. Mikroskopisch ist der Befund zahlreicher Lymphoidzellen, (Schleimkörperchen), die sich von den Eiterkörperchen nicht unterscheiden, beachtenswerth. Da diese Eiweiss enthalten, so wird je nach ihrer Reichhaltigkeit auch Eiweissreaction sich zeigen. Die charakteristische Reaction auf Schleimstoff, Mucin, ist jedoch die Essigsäure, die auch in dem klar filtrirten Harne flockigen Niederschlag erzeugt; durch Kochen wird jedoch Mucin nicht gefällt. Neben dem Schleim werden mitunter Spuren von Serumalbumin und Pepton in normalem Harne angetroffen.

267. Blut im Harne (Hämaturie).

Herkunft des Blutes.

Das Blut kann aus sämmtlichen Theilen des Harnapparates abstammen. — 1. Bei Nierenblutungen ist das Blut meist wenig copiös dem Harne beigemengt und sehr vertheilt. Pathognostisch sind für die Nierenblutungen die im Sedimente sich findenden „Blutcylinder", d. h. längliche mikroskopische Coagula von Blut, die als echte Abgüsse der Sammelröhren der Nieren betrachtet werden müssen und die von hier in den Harn geschwemmt sind (Fig. 101 a). Niemals kommen bei Nierenblutungen voluminöse Coagula vor. — 2. Bei Blutungen der Ureteren sieht man mitunter lange wurmförmige Stränge geronnenen Blutes als Abgüsse der Harnleiter im Harne. — 3. Die relativ grössten Coagula von Blut kommen bei Blasenblutungen vor.

Fig. 91.



Spectroskop zur Untersuchung des Harnes auf Blutfarbstoff aufgestellt.

Bei allen diesen Formen des Blutharnens wird man zunächst mit dem Mikroskop auf Blutkörperchen fahnden; daneben richtet man das Augenmerk auf etwaige Fibringerinnsel.

Hämoglobinurie.

Die Hämoglobinurie, d. h. die Ausscheidung des Hämoglobins durch die Nieren, ist völlig von dem echten Blutharnen unterschieden. Sie findet sich nur, wenn Blutfarbstoff bereits innerhalb der Gefässe aus untergegangenen rothen Blutkörperchen frei geworden ist. In reinster Weise findet man Hämoglobinurie nach Transfusion von Blut einer fremden Art (auch von Lammblut beim Menschen). Die fremden Blutkörperchen lösen sich in der Blutbahn des Empfängers auf und der Blutfarbstoff erscheint im Harne (vgl. pag. 200, 201); ausserdem finden sich mikroskopische „Cylinder" aus den Harncanälchen von geronnener, durch Blutfarbstoff gelblich tingirter globulinartiger Substanz. Blutfarbstoff fand man auch im Harne nach Blutzersetzungen im Körper bei Scorbut, Purpura, heftigen Typhen und nach Einathmen von Arsenwasserstoff.

Blutproben.

Nachweis von Blut im Harne.

Farbe.

1. Die Farbe des bluthaltigen Harnes ist in allen Nuancen von schwachem Roth bis zum Dunkelschwarzbraun beobachtet, je nach dem Reichthum der Beimengung. Oft ist der Harn trübe.

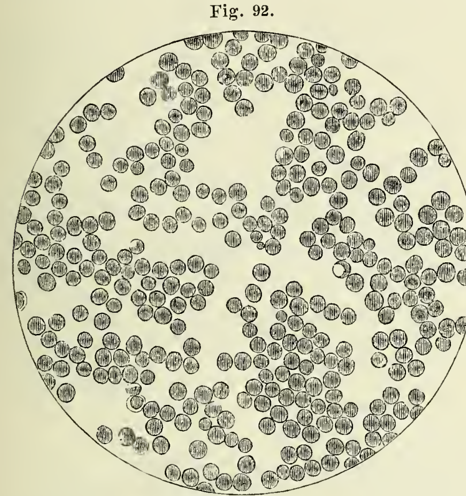
Eiweiss-reaction.

2. Blut- oder blutfarbstoffhaltiger Harn muss stets alle Reactionen auf Eiweiss zeigen.

Heller's Blutprobe.

3. Heller's Blutprobe. Man setzt in einem Reagenzglase dem Harne etwas Kalilauge zu und erhitzt mässig. Es fallen nun die Erdphosphate nieder, welche den Blutfarbstoff mit sich reissen, so dass granatrothe Flocken sich absetzen. Bei sehr schwach bluthaltigen Harnen sind letztere bei auffallendem Lichte roth, bei durchfallendem grünlich. Sind im alkalischen Harne die Erdphosphate bereits gefällt, so erzeugt man künstlich eine Fällung durch Zusatz von einigen Tropfen Magnesiumsulphat und Chlorammonium, an welcher man dasselbe wahrnimmt.

Fig. 92.



Leicht gequollene Blutkörperchen im Harne. Vergr.: $\frac{350}{1}$.

Fig. 93.

Stechapfelförmige Blutkörperchen im Harne. Vergr.: $\frac{350}{1}$.

Häminprobe.

4. Aus den so dargestellten, auf dem Filtrum gesammelten blutfarbstoffhaltigen Erdphosphaten kann man weiterhin Häminkrystalle darstellen. Doch kann man hierzu auch verfahren, wie pag. 44, 4. beschrieben ist.

Spectroskopischer Nachweis.

5. Bluthaltiger Harn, zeigt mit dem Spectroskope untersucht, charakteristische Erscheinungen.

[Die spectroskopische Untersuchung des Blutfarbstoffes ist pag. 37 u. f. beschrieben worden, worauf hier verwiesen werden muss.] Figur 91 zeigt uns die Aufstellung des Apparates zur Blutuntersuchung im Harne. Der Harn befindet sich in dem mit planparallelen Glaswänden versehenen, 1 Ccmtr. dicken Kästchen (D) („Hämatinometer"). Durch ihn sendet die Lampe E ihre Strahlen. Die Lampe F beleuchtet die Scala, während der Beobachter durch das Fernrohr A untersucht. Die Untersuchung ergibt nun:

Oxyhämoglobin.

a) Frischer bluthaltiger Harn zeigt das Spectrum des Oxyhämoglobins (Figur 8, 2. pag. 39). Hierbei ist unter Umständen für die nöthige Verdünnung des Harnes mit destillirtem Wasser, und durch Filtriren für völlige Klarheit zu sorgen. Zur Bestätigung des Befundes kann man auf das Oxyhämo-

globin die (pag. 38—40) beschriebenen reducirenden Substanzen einwirken lassen, welche „reducirtes" Hämoglobin erzeugen.

b) Steht concentrirter Blutharn zumal bei Blutwärme etwas länger, so nimmt er unter saurer Reaction tief dunkelbraunschwarze Färbung (wie Kaffeesatz) an. Es verwandelt sich nämlich nun der Blutfarbstoff in Methämoglobin, eine noch nicht näher bekannte Modification des Blutfarbstoffes. Gelöstes Methämoglobin ist (im Gegensatze zu Oxyhämoglobin) durch Bleiessig fällbar. Das Methämoglobin ist eine Zwischenstufe des Hämoglobins bis zu dessen völliger Zerlegung in Hämatin und globulinartige Substanz (pag. 42, 23). Die so im Harne entstehende saure Lösung des Methämoglobins hat grosse Aehnlichkeit im Spectroskope mit dem Hämatin in saurer Lösung (pag. 39, Fig. 8, 5). Wird nun der Harn alkalisch gemacht, so rückt der Absorptionsstreif weiter nach D (ähnlich dem Hämatin in alkalischer Lösung (Fig. 8, 6). [Methämoglobin findet sich auch in alten Blutextravasaten im Struma, Ovarialcysten, Hydrocele (Hoppe-Seyler).]

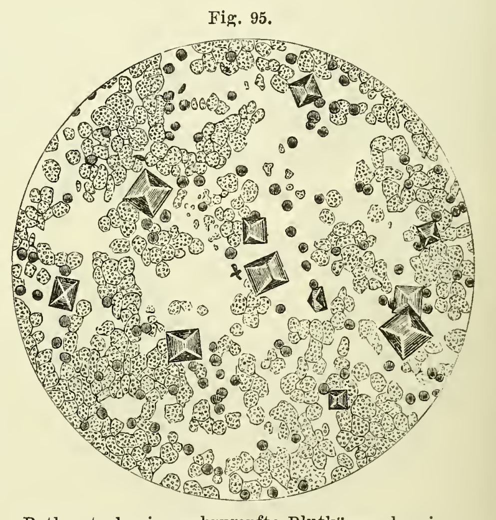
Methämoglobin.

Fig. 94.



Ungleichförmige rothe, — und weisse (a) Blutkörperchen. Vergr.: $\frac{350}{1}$.

Fig. 95.



Rothe stark eingeschrumpfte Blutkörperchen im Harn bei Blasenkatarrh zwischen zahlreichen Lymphoidzellen und Krystallen von Tripelphosphat. Vergr.: $\frac{350}{1}$.

Darstellung der Hämatinlösung.

c) Wird bluthaltiger Harn durch Kochen coagulirt und das schwarzbraune Coagulum ausgewaschen, dann getrocknet, sodann dasselbe mit schwefelsäurehaltigem Alkohol bei gelinder Wärme extrahirt, so gewinnt man ein braunes Fluidum, welches (wenn es hinreichend concentrirt ist) sich spectroskopisch als Hämatin in schwefelsäurehaltigem Alkohol (Fig. 8, 5) zu erkennen gibt.

Mikroskopische Untersuchung auf Blut.

d) Selbstverständlich darf die mikroskopische Untersuchung des blutigen Harnes niemals fehlen.

In saurem Harne kann man noch 2—3 Tage lang Blutkörperchen erkennen. War die Blutung ziemlich reichlich erfolgt, so sieht man meist

normalgestaltete, nicht selten leicht gequollene Blutkörperchen (Fig. 92). War der Harn sehr concentrirt, so erscheinen die Körperchen maulbeer- oder stechapfelförmig geschrumpft (Fig. 93). [Man vergleiche hier das über die Formveränderung der Blutkörperchen (pag. 22, 23) Gesagte.] Die Blutkörperchen senken sich in ruhig stehendem Harne stets allmälig zu Boden.

Ist das Blut dem Harne aus zerrissenen kleinen Capillaren langsam und spärlich beigemischt, so erscheinen die rothen Blutkörperchen alle von sehr ungleicher Grösse, manche nur von $^1/_9$—$^1/_3$ Grösse der normalen. Dabei ist ihr Farbstoff braungelb geworden (Fig. 94). Die Veränderung des letzteren rührt vielleicht von einer Entziehung des O im Harne her; die kleinen Kügelchen ferner sind wohl zum Theil in Folge der Harnstoffeinwirkung aus dem Zerfalle grösserer hervorgegangen.

Lymphoid-zellen.

Besteht bei Blutungen dieser Art eine katarrhalische Entzündung der Blase, so trifft man zwischen den rothen, oft stark geschrumpften Blutkörperchen zahlreiche, oft zu Massen mit einander verklebte Lymphoidzellen (Fig. 95), an denen man an frischen Präparaten oft schöne Amöboidbewegungen wahrnimmt (vgl. pag. 32). Ist der Harn, wie meist alkalisch, so findet man zwischen durch Krystalle von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia vor.

Sind die rothen Blutkörperchen im Harne bereits hochgradig abgeblasst, so werden sie nicht selten durch Zusatz von einer weingelben Jodjodkaliumlösung wieder markirter. Blut findet sich im Harne constant als Beimengung während der Menstruation.

268. Gallenbestandtheile im Harne.

Die physiologischen Momente, welche bei dem Auftreten von Gallenbestandtheilen im Harne wichtig sind, wurden pag. 323 besprochen.

Die Gallenfarbstoffe, welche beim Resorptions- und hämotogenen Icterus, sowie bei Phosphorvergiftung im Harne erscheinen (pag. 319 und pag. 45), werden durch die pag. 320 beschriebene Gmelin-Heintz'sche Probe nachgewiesen; der Eintritt des grünen Farbenringes (Biliverdin) ist als charakteristisch zu beachten.

Nachweis der Gallen-farbstoffe.

Die Methode hat einige Modificationen erfahren: 1. Lässt man icterischen Harn durch Fliesspapier filtriren, so gibt ein Tropfen Salpetersäure mit salpetriger Säure auf die Innenfläche des ausgebreiteten Filtrums die Farberinge (Rosenbach). — 2. Damit die Reaction nicht so sehr schnell verlaufe, kann man den Harn (im Spitzglase) mit concentrirter salpetersaurer Natronlösung versetzen, und lässt dann vorsichtig concentrirte Schwefelsäure auf den Boden des Glases laufen (Fleischl). — 3. Schüttelt man 50 Ccmtr. icterischen Harnes mit 10 Ccmtr. Chloroform, so tritt das Bilirubin in dasselbe über. Versetzt man dieses mit Bromwasser, so entstehen prachtvolle Farbenringe (Maly).

In anhaltenden hohen Fiebern enthält der Harn mitunter nur Biliprasin (Huppert). Enthält derselbe nur Choletelin, so prüfe man den mit etwas Chlorwasserstoffsäure versetzten Harn mit dem Spectroskop (pag. 320 f).

Nachweis der Gallen-säuren.

Gallensäuren (die Dragendorff sogar in 100 Liter normalen Harnes 0,8 Gr. nachwies) erscheinen reichlicher im Resorptionsicterus, doch auch hier nie in grösseren Mengen. Die Eigenschaften derselben sind pag. 317, die Reaction pag. 318 beschrieben, wobei eine Rohrzuckerlösung von 0,5 Gr. auf 1 Liter Wasser verwendet wird. Bei dünnen Harnen ist eine Einengung auf dem Wasserbade zu empfehlen. Um vollkommen sicher zu gehen, wird eine Portion Harn im Wasserbade fast zur Trockene verdampft, der Rückstand mit Alkohol extrahirt. Das alkoholische Extract wird im Porcellanschälchen abermals vorsichtig verdampft, den Rückstand löst man in einigen Tropfen Wasser und stellt mit diesem Fluidum die v. Pettenkofer'sche Probe an. Stellt man die Probe direct im Harne an, so muss man sich vorher überzeugt haben, dass kein Eiweiss im Harne ist, da dieses eine ähnliche Reaction zeigt; betreffenden Falles ist dieses durch Kochen und Filtriren auszuscheiden.

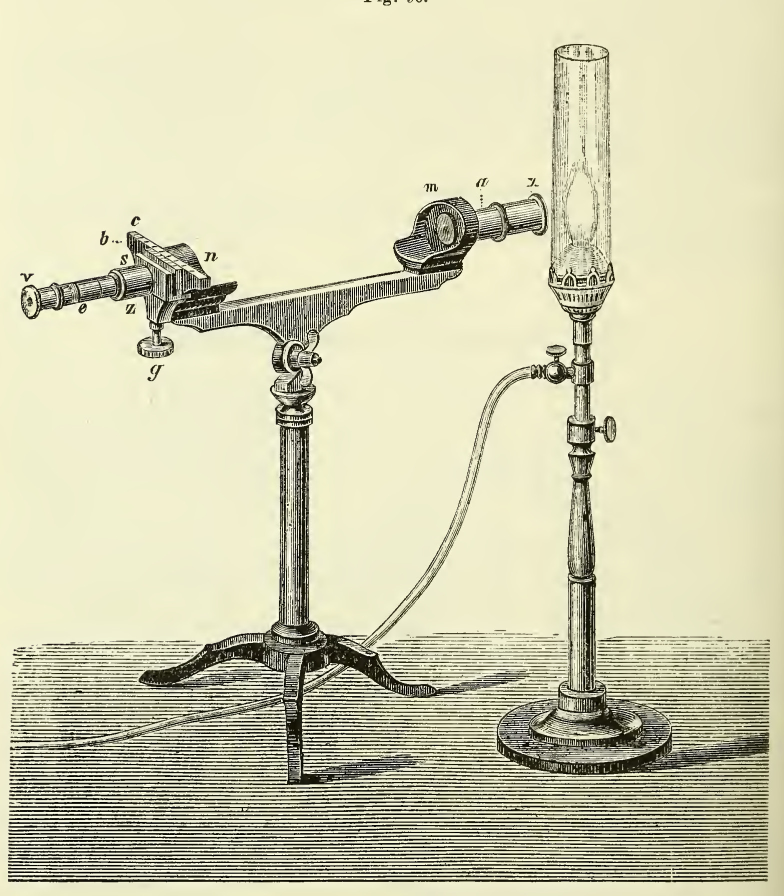
Vorsicht wegen Verwechselung mit Eiweiss-reaction.

269. Zucker im Harne.

Traubenzucker im Harne.

Die geringen Mengen von Dextrose, welche vielleicht constant der normale Harn aufweist, wachsen zu einer erheblichen Menge an im Diabetes mellitus (Zuckerharnruhr). Ueber die physiologischen Grundlagen dieser Erkrankung ist pag. 315 berichtet. Auffallend ist die grosse Menge des Harnes, die bis 10.000 Ccmtr. betragen kann, sowie das grosse spec. Gewicht (1030

Fig. 96.



Soleil-Ventzke's Polarisationsapparat.

bis 1040). Die Farbe ist blassgelb (die Menge des Farbstoffes im Ganzen aber keinerwegs vermindert), die N-haltigen Bestandtheile sind vermehrt. Kohlehydratkost steigert meist die Zuckerausfuhr, Eiweisskost kann sie mindern. Harnsäure und oxalsauren Kalk findet man im Beginne der Krankheit oft vermehrt; constant finden sich nach längerem Stehen Hefezellen im Urine.

Zum qualitativen Nachweise sind die pag. 275 beschriebenen Zuckerproben geeignet. — Die quantitative Bestimmung durch die Gährung, sowie durch die Titrirmethode ist pag. 276 besprochen worden.

Qualitative Bestimmung.

Es soll an dieser Stelle noch die Bestimmung durch Circumpolarisation vermittelst des Saccharimeters von Soleil-Ventzke nachgetragen werden, zumal dasselbe Werkzeug auch zur quantitativen Bestimmung des Eiweisses verwendet werden kann.

Quantitative Bestimmung durch den Polarisations-Apparat.

Zucker besitzt die Eigenschaft, die Ebene des polarisirten Lichtes nach rechts zu drehen, Eiweiss jedoch nach links. „Specifisches Drehungsvermögen" nennt man den Grad der Drehung, welchen 1 Gr. der Substanz in 1 Ccmtr. Wasser gelöst bei 1 Decimeter dicker Schicht (Länge des Rohres des Apparates) für gelbes Licht bewirkt. Da das Drehungsvermögen direct proportional ist der Menge der in der Flüssigkeit gelösten Substanz, so gibt uns der Grad der Ablenkung Auskunft über den Gehalt der Flüssigkeit an der optisch wirksamen Substanz. Das Soleil-Ventzke'sche Werkzeug gibt an seiner Scala bei der Bestimmung rechts direct den procentischen Gehalt an Zucker, links den an Eiweiss an.

Das von der Lampe ausgehende Licht trifft in a zuerst einen Kalkspathkrystall. Zwei Nicol'sche Prismen befinden sich bei v und s, von denen das bei v um die Sehaxe drehbar ist, während das andere fixirt ist. In m ist die Soleil'sche Doppelplatte von Quarz angebracht, deren eine Hälfte die Ebene des polarisirten Lichtes eben so weit nach rechts ablenkt, als die andere sie nach links dreht. In n deckt das Gesichtsfeld eine Platte linksdrehenden Quarzes. Bei b c liegt der aus 2 rechtsdrehenden Quarzprismen bestehende Compensator, welche durch die Drehschraube g so seitlich verschoben werden können, dass das durch den Apparat gesendete polarisirte Licht je nach der Drehung eine dünnere oder dickere Schicht des rechtsdrehenden Quarzes zu durchdringen hat. Bei einer bestimmten Stellung dieser rechtsdrehenden Prismen wird die Drehung des linksdrehenden Quarzes bei n genau aufgehoben; in dieser Stellung zeigt die oben auf dem Compensator angebrachte Scala mit Nonius gerade 0 an. In dieser Stellung erscheinen dem Beobachter (der von v weiterhin durch das bei e eingeschaltete Fernrohr blickt) die beiden Hälften der bei m aufgestellten Doppelplatte von gleicher Färbung. Durch passende Drehung am Nicol'schen Prisma in v wählt man am besten helles Rosaroth. In dieser Position muss zugleich das Fernrohr so eingestellt sein, dass die verticale Grenzlinie der Doppelplatte deutlich erscheint. In dieser Einstellung ist nun das Werkzeug zum Gebrauche geeignet.

Nun fülle ich die 1 Decimeter lange Röhre mit dem Zucker- oder Eiweisshaltigen Harne, der völlig klar sein muss, und füge dieselbe zwischen m und n in den Apparat ein. Durch Drehung des Nicols v stelle ich wieder die rosarothe Farbe ein. Dann drehe ich an g den Compensator, bis beide Hälften des Gesichtsfeldes völlig gleich gefärbt sind.

Ist dies erreicht, so lese ich direct an der Scala ab, um wie viele Theile der 0-Strich des Nonius nach rechts (Zucker) oder nach links (Eiweiss) verschoben ist: die abgelesenen Theilstriche geben direct die Anzahl Gramme der drehenden Substanz in 100 Ccmtr. Flüssigkeit an. Ist der zu untersuchende Harn sehr dunkel, so suche man denselben durch Thierkohle zu entfärben (Seegen). Enthält der zu untersuchende Zuckerharn Eiweiss, so muss letzteres durch Kochen und Filtriren entfernt werden. Durch Filtriren nicht zu beseitigende Trübungen schwinden oft nach Zusatz von 1 Tropfen Essigsäure oder einigen Tropfen kohlensauren Natrons oder Kalkmilch und nachherige Filtration.

Milchzucker findet sich im Harne von Wöchnerinnen während der Milchstauung (F. Hofmeister); es handelt sich also um Resorption von den Brüsten aus (Kirsten, Spiegelberg). Neben dem Traubenzucker fand Zimmer auch Levulose (pg. 462) im Harne eines Diabetikers.

Milchzucker.

Levulose.

Mitunter enthält diabetischer Harn Aceton $= C_3H_6O$, dessen Bildung noch unbekannt ist; es wird erkannt durch rothbraune Färbung nach Zusatz von Eisenchlorid. Auf das gleichzeitige Vorkommen von Dextrin im Zuckerharn hat Reichard aufmerksam gemacht. Inosit (pg. 463) fand man ausser

Aceton.

Inosit.

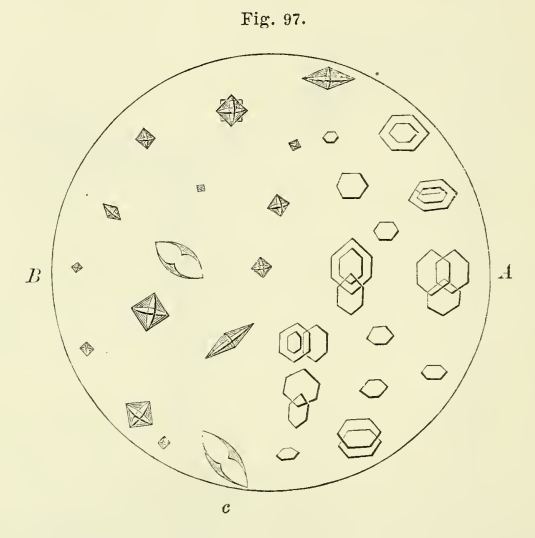
bei Diabetes auch bei Polyurie (Mosler) und in Fällen von Albuminurie. Mitunter hat auch bei Thieren der „Zuckerstich" (pag. 315) das Auftreten von Inosit statt Dextrose im Harne zur Folge. Zur Erkennung des Inosits wird die Dextrose durch Gährung, Albumin durch Kochen nach Zusatz einiger Tropfen Essigsäure und schwefelsauren Natrons entfernt. Von dem Filtrat werden einige Ccmtr. in einer Porcellanschale bis auf wenige Tropfen verdampft. Dann setzt man 2 Tropfen salpetersaurer Quecksilberoxydlösung (Titrirlösung nach Liebig) zu: es entsteht ein gelber Niederschlag. Wird dieser ausgebreitet und weiter bis über das Trocknen hinaus vorsichtig erhitzt, so entsteht dunkelrothe Farbe, die beim Erkalten allemal wieder schwindet (Gallois, Külz).

Cystin.

270. Cystin = $C_3H_7NSO_2$.

Dieser Körper kommt sehr selten im Harne vor und zwar merkwürdiger Weise zumeist als eine bisher noch unerklärte Disposition ganzer Familien. Es erscheint entweder in Form farbloser sechsseitiger Platten (Figur 97 A) [bei

Fig. 97.



A Krystalle von Cystin, — *B* von oxalsaurem Kalk, — *c* Sanduhrform desselben.

Kindern auch als Steinbildung], oder es kann auch gelöst sein. Es ist unlöslich in Wasser, Alkohol und Aether, leicht löslich in Ammoniak, nach dessen Verdunstung es auskrystallisirt.

271. Leucin = $C_6H_{13}NO_2$ und Tyrosin = $C_9H_{11}NO_3$.

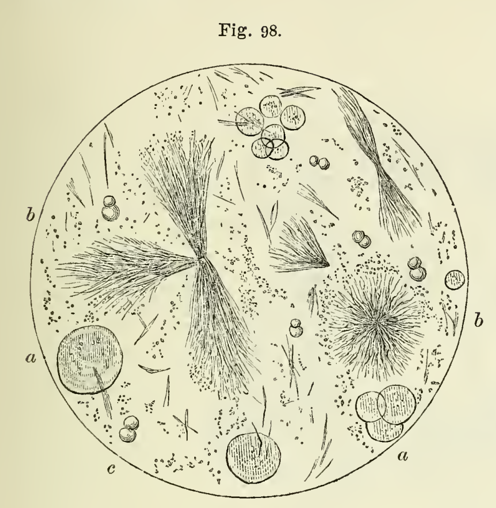
Beide Körper (deren Entstehung bei der Pancreasverdauung bereits erörtert ist; pag. 308) kommen zusammen im Harne vor bei acuter gelber Leberatrophie und bei Phosphorvergiftung. Da meist gleichzeitig die Harnstoff-Ausscheidung vermindert ist, so nimmt man an, dass in diesen krankhaften Fällen die weiteren Oxydationsprocesse der Derivate der Eiweisskörper darniederliegen.

Leucin.

— Das Leucin, welches sich entweder spontan im Bodensatze ausscheidet, oder erst nach Einengung des Harnes durch Verdampfung, erscheint in Gestalt gelbbräunlicher Kugeln (Fig. 98 a a), mitunter mit concentrischer Streifung

oder mit feinen Spitzen am Rande versehen. Leucin trocken erhitzt sublimirt ohne zu schmelzen.

Fig. 98.



aa Leucinkugeln; — *bb* Tyrosinbüschel; — *c* Doppelkugeln von harnsaurem Ammonium.

Tyrosin. Das Tyrosin bildet seidige farblose Nadelbüschel (Fig. 98 b b). — Kocht man eine Lösung von Tyrosin nach Zusatz einer Lösung von Quecksilbernitrat mit etwas salpetriger Säure vermischt, so entsteht zuerst schön rothe Färbung, alsbald darauf ein tiefbraunrother Niederschlag. Wird Tyrosin mit einigen Tropfen concentrirter Schwefelsäure gelinde erwärmt, so löst es sich mit vorübergehender tiefrother Farbe. Verdünnt man nun mit Wasser, setzt Baryumcarbonat bis zur Neutralisation zu, kocht, filtrirt und setzt dem Filtrat verdünntes Eisenchlorid zu, so entsteht violette Färbung (Piria, Städeler).

Alkapton. Alkapton (Bödeker) ist ein in Alkohol und Wasser leicht, in Aether schwer löslicher brauner Körper in pathologischen Harnen, der in alkalischer Lösung stark O absorbirt und Kupferlösung energisch reducirt, und mit Natronkalk erhitzt viel NH_3 liefert.

272. Sedimente im Harne.

Sowohl im normalen, als auch im pathologischen Harne können sich am Boden des Gefässes Abscheidungen finden, die man als Sedimente bezeichnet. Sie sind entweder organisirte oder unorganisirte.

I. Die organisirten Sedimente.

Blut. 1. Sediment von Blut herrührend: rothe und weisse Blutkörperchen, Faserstofffäden (Fig. 92, 93, 94).

Eiter. 2. Eiterzellen in grösserer oder geringerer Menge bei Katarrhen oder Entzündungen der Harnwege. Die Zellen gleichen völlig den weissen Blutkörperchen (Fig. 90, 95). *Donne's Eiterprobe.* Giesst man den Bodensatz ab und löst ein Stück Aetzkali in demselben auf, so zergeht der Eiter zu einer glasigen fadenziehenden, weiterhin mehr consistenteren Masse (Alkalialbuminat, Donné). Schleim auf diese Weise behandelt löst sich zu einer dünnen Flüssigkeit mit Flocken vermischt.

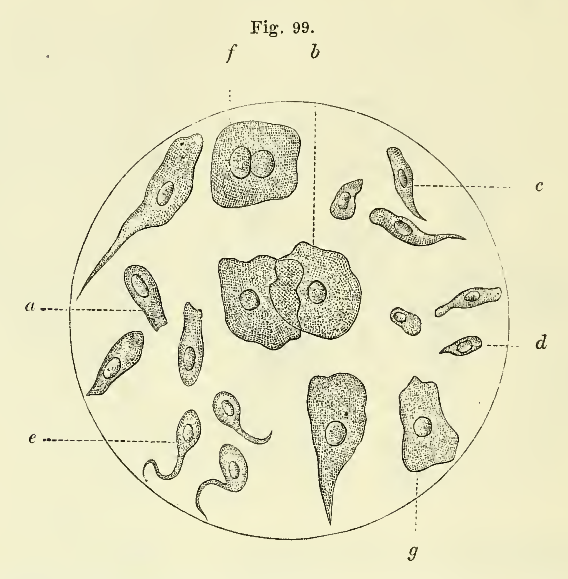
Epithelien. 3. Epithelien verschiedener Form, nicht immer erkennbar, von welchen Stellen sie abstammen. Sie sind reichlicher bei Katarrhen der betreffenden Stellen; *Samenfäden.* Figur 99 gibt über die verschiedenen Formen Aufschluss. Zu den Epithelialgebilden gehören auch die Samenfäden.

Niedere Organismen. 4. Niedere Organismen entstehen in den Harnwegen selbst sehr selten, z. B. in der Blase, wenn Keime derselben durch unreine Katheter hineingebracht worden sind. Mikrococcen findet man auch nach gewissen Krankheiten (Diphtheritis) im Harne. — Man kann folgende Formen unterscheiden:

Spaltpilze.

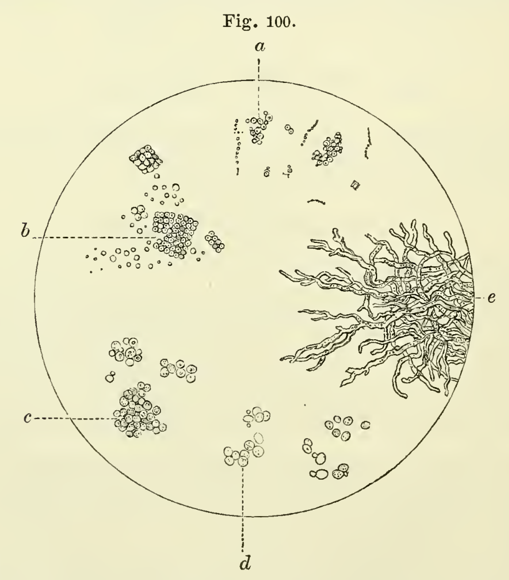
I. Schizomyceten (Spaltpilze): a) Kugelbacterien, Micrococcus (Figur 100 a); b) im alkalisch gährenden Harne erscheinen stäbchenförmige

Fig. 99.



a Epithelien der männlichen Harnröhre; — *b* der Vagina; — *c* der Prostata; — *d* der Cowper'schen Drüsen; — *e* der Littre'schen Drüsen; — der weiblichen Harnröhre; — *g* der Blase.

Fig. 100.



a Mikrococcen in kurzen Ketten und dichten Gruppen; — *b* Sarcine; — *c* Pilze der sauren Harngährung; — *d* Hefezellen aus Diabetesharn; — *e* Schimmelpilze.

Bacterien (Bacterium Termo, Figur 89 c), sowie die längeren Vibrionen (Vibrio, Figur 90 d). Zu den Schizomyceten gehört noch die Sarcine (Figur 100 b). — [Vgl. pag. 336 D.]

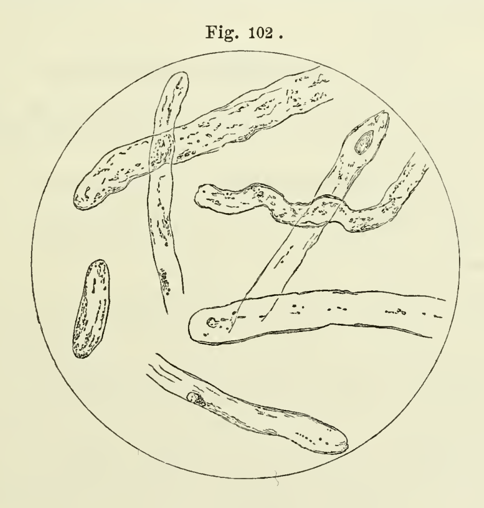
Fig. 101.

a Blutcylinder; — *b* Dunkelkörnige Cylinder; — *c* Amyloidcylinder.

Gährungspilze.

II. Saccharomyceten (Gährungspilze): a) Der Pilz der sauren Harngährung (Saccharomyces urinae), kleine bläschenförmige Zellen, theils in Gruppen,

Fig. 102.



Hyaline Cylinder.

theils in Reihen liegend (Figur 88 a — 100 c); b) im Zuckerharn findet sich die Hefe vor (Saccharomyces fermentum), ovale Zellen mit punktförmigem excentrischen Kern (Figur 100 d).

Schimmelpilze. III. Phycomyceten (Schimmelpilze) zeigen sich als Schimmelbildungen im faulen Harne (Figur 100 e); sie sind ohne Bedeutung.

Harncylinder: 5. Von grosser Bedeutung für die Diagnose mancher Nierenkrankheiten ist das Vorkommen sogenannter „Harncylinder", d. h. von Abgüssen der Harncanälchen. Sind diese Gebilde relativ dick und mehr gerade, so stammen sie wahrscheinlich aus den Sammelröhren der Nieren, sind sie dünner und gewunden, so vermuthet man ihre Herkunft aus den Tubuli contorti.

Epithelcylinder. Man kann verschiedene Arten der Cylinder unterscheiden: 1. Epithelcylinder, welche aus verklebten und ausgestossenen Zellen der Harncanälchen bestehen. Sie deuten an, dass in der Niere noch keine sehr tief greifenden Veränderungen vor sich gehen, sondern dass bis dahin, wie bei katarrhalischen Entzündungen auf Schleimhäuten, das Epithel sich in Desquamation befindet. *Hyaline Cylinder.* — 2. Hyaline Cylinder (Fig. 102) völlig homogen und glashell (am besten nach etwas Jodlösung-Zusatz zum Präparate aufzufinden), meist lang und schmal; mitunter sind sie mit ganz feinen zerstreuten Pünktchen oder Fettkörnchen besetzt („feingranulirte" Cylinder). Sie lösen sich im alkalischen Harne schnell auf. Der Erfahrung gemäss treten diese Cylinder erst im späteren Verlaufe von Nierenentzündungen auf, nachdem die Epithelien der Harncanälchen bereits zerstört sind. *Dunkelkörnige Cylinder.* — 3. Dunkelkörnige Cylinder (Fig. 101 b) braungelb, undurchsichtig und ganz aus körniger Masse bestehend, meist etwas breiter als die hyalinen. Es kommen entschiedene Uebergänge zu den letzteren vor. Nicht selten sieht man sie mit fettig entarteten oder atrophischen Epithelien der Harncanälchen besetzt. *Amyloide Cylinder.* — 4. Amyloidcylinder bei amyloider Entartung der Nieren (pg. 457) vorhanden; sie sind wachsartig glänzend, völlig homogen (Fig. 101 c), geben mit Schwefelsäure und Jodlösung die blaue Färbung der Amyloidreaction. *Blutcylinder.* — 5. Blutcylinder, bei capillarer Blutung im Nierengewebe, ganz aus geronnenem Blute bestehend, mit deutlichen Blutkörperchen (Fig. 101 a). Diesen schliessen sich an die Cylinder bei Hämoglobinurie, z. B. nach Transfusion fremdartigen Blutes (Ponfick). Sie bestehen aus Blutfarbstoff oder aus dem Globulin desselben mit Hämatin tingirt. Aus dem Materiale aufgelöster Blutkörperchen bestehen wohl auch die bei Icterus beobachteten Cylinder (vgl. pag. 324, 7). — Harn, der Cylinder enthält, ist stets eiweisshaltig.

II. Die unorganisirten Sedimente.

Diese theils krystallisirt, theils amorph haben bereits in der Besprechung der einzelnen Harnbestandtheile ihre Erledigung gefunden.

273. Schematischer Ueberblick
zum Erkennen aller Harnsedimente.

I. Im **sauren Harne** können angetroffen werden:

1. Ein amorphes krümeliges Sediment,
   a) das sich in der Wärme löst, in der Kälte wieder ausscheidet,
   das nach Zusatz von einem Tröpfchen Essigsäure zum mikroskopischen Präparate Krystalle von Harnsäure ausscheidet,
   das oftmals röthlich gefärbt ist (Ziegelmehlpulver). Dieses Sediment besteht aus Uraten; siehe Figur 88.
   b) Das Sediment löst sich nicht durch Erwärmen, sondern nach Zusatz von Essigsäure und zwar ohne Aufbrausen: dieses ist wahrscheinlich dreibasisch-phosphorsaurer Kalk.
   c) Sehr selten vorkommende kleine, sehr stark lichtbrechende Körnchen, die sich in Aether auflösen, sind Fettkörnchen.
2. Ein aus Krystallen bestehendes Sediment,
   a) Harnsäure; siehe Figur 86 und 88 „Wetzstein-Krystalle".
   b) Oxalsaurer Kalk; siehe Figur 88 und 97 „Briefcouvert-Krystalle" — nach Essigsäurezusatz unlöslich.

c) Cystin (äusserst selten); siehe Figur 97. A.
d) Leucin und Tyrosin von grösster Seltenheit; siehe Figur 98.

II. Im **alkalischen Harne** können sich vorfinden:

1. Das Sediment ist völlig amorph und krümelig: dasselbe besteht aus dreibasisch-phosphorsaurem Kalk; es löst sich nach Zusatz von Säuren ohne Aufbrausen.

2. Das Sediment ist krystallinisch.
a) Phosphorsaure Ammoniakmagnesia; siehe Figur 89, 90, 95, grosse „Sargdeckelkrystalle", in Säurezusatz sofort löslich.
b) Bei auffallendem Lichte gelbliche, bei durchfallendem dunkle kleine Kugeln, oft mit Spitzen besetzt, „Stechapfel- oder Morgenstern"-Formen, daneben amorphe Körnchen; siehe Figur 89, 98. Diese bestehen aus saurem harnsauren Ammonium.
c) Kohlensaurer Kalk: Kleine weissliche Kugeln, bisquit- oder drusenförmig an einander gelagert; daneben amorphe Körnchen: nach Säurezusatz erfolgt ein Aufbrausen (auch im mikroskopischen Präparate).
d) Aeusserst selten sind Leucin und Tyrosin; siehe Figur 98. Selten sind auch mit den Spitzen zusammenstossende spiessige Krystalle von neutralem phosphorsauren Kalk, sowie längliche Tafeln von dreibasischem Magnesiumphosphat.

Sowohl im sauren, als auch im alkalischen Harne können die organisirten Sedimente vorkommen; unter ihnen finden sich Eiterzellen vorwiegend im alkalischen Harne, ebenso sind die niederen pflanzlichen Organismen in diesem vorherrschend.

274. Die Harnconcremente.

Vorkommen, Grösse. Harnconcremente kommen von der Grösse der Sand- oder Kieskörner bis zu Faustgrösse vor; man trifft sie ausser in der Blase noch im Nierenbecken, den Uretheren und im Sinus prostaticus.

Man theilt dieselben nach Ultzmann ein:

Primäre Steinbildung. 1. In Harnsteine, deren Kern aus Sedimentbildnern des sauren Harnes bestehen (primäre Steinbildung). Diese entstehen zunächst alle in der Niere und wandern von da in die Blase, wo sie entsprechend dem Wachsthum der Krystalle in dem Harne sich vergrössern.

Secundäre Steinbildung. 2. Steine, welche entweder Sedimentbildner des alkalischen Harnes oder einen Fremdkörper als Kern haben (secundäre Steinbildung). Sie haben in der Blase selbst ihre Entstehung.

Die primäre Steinbildung geht aus von freier Harnsäure in spiessiger Drusenform (Fig. 86 c) als Kern, umlagert von Schichten oxalsauren Kalkes. — Die secundäre Steinbildung erfolgt in neutralem Harne durch kohlensauren Kalk und krystallinischen phosphorsauren Kalk; im alkalischen Harne durch saures harnsaures Ammonium, phosphorsaure Ammoniak-Magnesia und amorphen phosphorsauren Kalk.

Die chemische Untersuchung prüft zunächst, ob Partikeln des Concrementes auf dem Platinblech verbrennlich sind, oder ob sie nicht verbrennen.

Verbrennliche Concremente: I. Die verbrennlichen Concremente können nur aus organischen Substanzen bestehen.

Harnsäure. a) Gelingt die Murexidprobe (pg 479), so ist Harnsäure in denselben. Harnsäuresteine sind häufig, oft erheblich gross, glatt, ziemlich hart, gelb bis rothbraun gefärbt.

Harnsaures Ammon. b) Entwickelt eine andere Probe beim Kochen mit Kalilauge Geruch nach Ammoniak (wobei zugleich feuchtes Curcumapapier in den Dämpfen sich bräunt, oder ein mit Salzsäure befeuchteter darüber gehaltener Glasstab Salmiaknebel bildet), so enthält das Concrement harnsaures Ammoniak. Fällt die Probe b) negativ aus, so ist reine Harnsäure vorhanden. — Steine aus harnsaurem Ammoniak sind selten, meist klein, von erdiger Consistenz, lehmgelb bis weisslich.

Xanthin. c) Gelingt die Xanthinreaction (pg. 481), so ist diese Substanz vorhanden (selten).

Cystin. d) Lassen sich nach Auflösen in Ammoniak nach dem Verdunsten desselben Cystinkrystalle (Fig. 97 A) darstellen, so ist die Gegenwart dieses seltenen Stoffes erwiesen.

Protein-substanz. e) Concremente, entstanden aus Blutcoagulis oder Fibrinflocken, ohne jegliche Krystallisation, sind selten. Verbrannt riechen sie nach versengten Haaren; sie sind in Wasser, Alkohol, Aether unlöslich. In Kalilauge lösen sie sich auf und werden durch Säuren daraus wieder niedergeschlagen.

Urostealith f) Urostealith hat man die Substanz sehr seltener Concretionen genannt, die frisch weich, elastisch, Kautschuk-ähnlich sind. Beim Trocknen werden sie spröde und hart, braun bis schwarz. Wärme macht sie wieder weicher, beim Erhitzen schmelzen sie. In Aether erfolgt Auflösung, der Rückstand der verdampften ätherischen Lösung färbt sich bei weiterem Erwärmen violett. Erwärmte Aetzkalilösung löst sie unter Verseifung.

Unverbrennliche Concremente. II. Sind Concremente nur zum Theil verbrennlich mit Hinterlassung eines Rückstandes, so enthalten sie organische und unorganische Bestandtheile.

a) Man pulverisirt einen Theil des Steines, kocht das Pulver mit Wasser und filtrirt heiss. Es gehen die etwa vorhandenen Urate in Lösung. Um zu sehen, ob die Harnsäure an Natron, Kali, Kalk oder Magnesia gebunden sei, wird das Filtrat verdampft und geglüht. Die Asche wird spectroskopisch untersucht (pag. 38, „Flammenspectra"), wobei Natron und Kalium erkannt werden. — Harnsaure Magnesia und harnsaurer Kalk sind durch Glühen in Carbonate verwandelt. Um beide zu trennen, löst man die Asche in verdünnter Salzsäure und filtrirt. Das Filtrat wird mit Ammoniak neutralisirt, dann wieder durch einige Tropfen Essigsäure gelöst. Zusatz von oxalsaurem Ammonium fällt oxalsauren Kalk. Nun filtrirt man und versetzt das Filtrat mit phosphorsaurem Natron und Ammoniak. Hierdurch scheidet sich die Magnesia als phosphorsaure Ammoniakmagnesia aus.

Natron, Kali. *Magnesia, Kalk.*

Oxalsaurer Kalk. b) Oxalsaurer Kalk (zumal bei Kindern entweder in kleinen, glatten, blassen „Hanfsamensteinen", oder in dunklen, höckerigen, harten „Maulbeersteinen") wird von Essigsäure nicht angegriffen, von Mineralsäuren ohne Aufbrausen gelöst, durch Ammoniak wieder gefällt. Beim Glühen auf dem Platinblech schwärzt sich die Probe, dann wird sie weiss zu kohlensaurem Kalk verbrannt, der auf Säurezusatz aufbraust.

Kohlensaurer Kalk. c) Kohlensaurer Kalk (meist in weissgrauen, erdigen, kreideähnlichen, ziemlich seltenen, meist in der Mehrzahl vorkommenden Steinen) löst sich unter Aufbrausen in Salzsäure. Geglüht werden sie erst schwarz (wegen Schleimbeimengung) dann bald weiss.

Phosphorsaure Ammoniak-Magnesia und basisch-phosphorsaurer Kalk. d) Phosphorsaure Ammoniakmagnesia und basisch phosphorsaurer Kalk sind meist vereint in weichen, weissen, kreidigen Steinen, die mitunter sehr bedeutende Grösse haben. Solche Steine setzen ein langes Verweilen in ammoniakalischem Harne voraus. Erstere Substanz verbreitet einen Geruch nach Ammoniak beim Erhitzen, noch deutlicher beim Erwärmen mit Kalilauge, sie löst sich in Essigsäure ohne Brausen, fällt nach Ammoniakzusatz aus dieser Lösung wieder krystallinisch aus. Beim Glühen schmilzt die Probe zu einer weissen emailartigen Masse. — Basisch-phosphorsaurer Kalk braust nicht mit Säuren. Die Lösung in Salzsäure wird durch Ammoniak gefällt. Die essigsaure Lösung mit oxalsaurem Ammon versetzt gibt oxalsauren Kalk [Um Kalk und Magnesia aus solchen Steinen zu trennen, verfährt man wie in a).]

Neutraler phosphorsaurer Kalk. e) Neutraler phosphorsaurer Kalk wird in Steinen selten, dahingegen nicht selten in Harngries beobachtet. Diese Concremente gleichen in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften den Erdphosphaten, nur dass sie keine Magnesia enthalten.

275. Der physiologische Vorgang der Harnabsonderung.

Die Harnsecretion setzt sich zusammen theils aus dem einfach physikalischen Vorgange der Filtration des Harnwassers aus den Glomerulis in die Kapsel der Harncanälchen hinein, theils ist sie an die lebendige Thätigkeit der Zellen der Harncanälchen geknüpft, welche die specifischen Harnbestandtheile aus dem Blute in das filtrirte Harnwasser übergeben. Die Absonderung umfasst somit 1. das Harnwasser und 2. die in demselben gelösten Harnbestandtheile: beide setzen die Gesammtheit der Secretion zusammen. Die Grösse des in den Glomerulis abgesonderten (abfiltrirten) Harnwassers bedingt vorwiegend die Harnmenge; das Quantum der im Harnwasser gelösten Stoffe bedingt die Concentration des Urines.

Die Secretion der Harnflüssigkeit ist als Filtration vom Arteriendruck abhängig.

A. Die Menge des Harnwassers hängt ab von dem Blutdrucke im Gebiete der Nierenarterie, folgt also somit den Gesetzen der Filtration (pag. 350, II.) (Ludwig, Goll). Dem entsprechend ergeben sich folgende Einflüsse auf die Harnmenge:

1. Vermehrung des gesammten Gefässinhaltes, wodurch die Spannung im Gefässsysteme steigen muss, vermehrt die Menge des filtrirten Harnwassers. In dieser Beziehung wirken directe Wasserinjectionen in die Gefässe, reichliche Transfusionen, oder der Genuss grosser Quantitäten von Flüssigkeiten. (Ueberschreitet die Blutdrucksteigerung eine gewisse Höhe, so geht sogar Eiweiss in den Harn über.) Umgekehrt wird Wasserabgabe durch starke Schweisse oder Durchfälle, reichlicher Aderlass, sowie prolongirter Durst Verminderung der Harnsecretion erzeugen.

2. Verkleinerung des Gefässraumes wird in ganz ähnlicher Weise wirken: Contraction der Hautgefässe bei Einwirkung der Kälte, Erregung des vasomotorischen Centrums oder grösserer Bezirke vasomotorischer Nerven, Unterbindung oder Compression grosser Arterien (vgl. pag. 171 e), Einwickelung der Extremitäten in straffe Binden. Natürlich werden auch hier die entgegengesetzten Zustände eine Verminderung der Harnmenge nach sich ziehen: Einwirkung von Wärme auf die Haut bis zur Röthung und Erweiterung der Gefässe, Schwächung der Erregung des vasomotorischen Centrums oder Lähmung grösserer Gebiete vasomotorischer Nerven.

3. Vermehrte Herzthätigkeit, wodurch die Spannung im arteriellen Gebiete gesteigert wird (vgl. pag. 171 c), vergrössert die Harnmenge; umgekehrt werden Schwächung der Herzaction (Parese der motorischen Herznerven, Leiden des Herzmuskels, Klappenfehler) das Harnquantum herabsetzen. Künstliche Reizung der Vagi, wodurch bei Thieren unter Verlangsamung der Herzschläge der mittlere Blutdruck von etwa 130 auf 100 Mm. Quecksilber fiel, hatte eine Verminderung der Harnmenge gegen $^1/_5$ zur Folge (Goll, Cl. Bernard).

4. Mit steigender oder abnehmender Füllung der Arteria renalis steigt oder fällt das Mass des abgesonderten Harnes

(Ludwig, M. Hermann); schon ein mässiges Zuklemmen der Arterie bei Thieren hat eine deutliche Verminderung zur Folge.

5. Die meisten diuretischen Arzneimittel entfalten nach einer oder anderen der bezeichneten Richtungen hin ihre Wirksamkeit.

Einfluss der Druckschwankungen im Vas afferens.

Der Druck innerhalb eines jeden Vas afferens muss ein relativ grosser sein, weil 1. die doppelte Capillaranordnung in der Niere bedeutende Widerstände setzt, und weil 2. das Vas efferens viel enger im Lumen ist als das zuführende Gefäss. Diesen Thatsachen entsprechend wird aus den capillaren Schlingen des Glomerulus durch den Filtrationsdruck eine Ausscheidung aus dem Blute in die Kapseln der Harncanälchen erfolgen. Eine Erweiterung der Vasa afferentia (etwa durch Nervenwirkung auf die glatten Muskelfasern derselben) wird den Filtrationsdruck erhöhen, eine Verengerung wird die Absonderung vermindern. Ist die Druckverminderung so bedeutend geworden, dass der Blutstrom in der Vena renalis deutlich verlangsamt wird, so beginnt die Harnsecretion zu stocken. Merkwürdig ist es, dass ein Verschluss der Vena renalis die Secretion völlig unterdrückt. Ludwig hat hieraus geschlossen, dass die Flüssigkeitsausscheidung demgemäss nicht aus den eigentlichen Nierencapillaren stattfinden könne, weil ja in diesen durch Venenverschluss der Blutdruck steigen muss, was eine vermehrte Filtration nach sich ziehen müsste. Dahingegen spräche der genannte Versuch dafür, dass aus den Capillaren des Glomerulus die Absonderung erfolge: Die venöse Stauung im Vas efferens dehne dieses (im Centrum des Knäuels entspringende) Gefäss dermassen aus, dass die Capillarschlingen gegen die Wand der Kapsel zusammengedrängt und comprimirt würden, so dass nun aus ihnen keine Filtration erfolgen könne. Ob nicht durch die Harncanälchen, zumal die gewundenen, etwas Flüssigkeit abgegeben wird, ist noch unentschieden.

Da der Blutdruck in der Art. renalis gegen 120—140 Mm. Hg. beträgt, der Harn in dem Ureter nur unter sehr geringer Treibkraft weiter befördert wird, so dass er aus demselben schon bei einem Gegendrucke von 10 (Löbell) bis 40 Mm. (M. Hermann) [der durch ein in den quer durchschnittenen Ureter eingesetztes Manometer hergestellt wird] nicht mehr weiter zu strömen vermag, so ist es einleuchtend, dass der Blutdruck als vis a tergo auch im Stande ist, den Harnstrom durch den Ureter hindurch zu treiben.

Selbstständige secretorische Thätigkeit der Nieren-epithelien.

B. Der Grad der Concentration des Urines hängt ab von der Menge der aus dem Blute in das Harnwasser übertretenden gelösten Bestandtheile. Die Zellen der gewundenen Harncanälchen scheinen durch eine selbstständige Thätigkeit diese Substanzen aus dem Blute zunächst in sich aufzunehmen (Bowman). Das durch die Harncanälchen vom Glomerulus aus herabfliessende Harnwasser nimmt dann weiterhin durch einen Process der Auslaugung diese Stoffe aus den Zellen der gewundenen Canälchen in sich auf. Für die selbstständige Thätigkeit der Zellen spricht:

1. Indigocarmin und harnsaures Natron, welche, in das Blut gespritzt, in den Harn übergehen, erkennt man im Innern der Zellen der gewundenen Harncanälchen (nicht in den Kapseln) (Heidenhain). Weiter abwärts sieht man diese Substanzen im Lumen der Harncanälchen, wohin sie durch das aus dem Glomerulus niederrieselnde Harnwasser hingeschwemmt sind. Wurde bei solchen

Versuchen 2 Tage vorher die die Kapseln enthaltende Rindenschicht durch Aetzen (Heidenhain) oder Abtragung mit dem Messer (Hoegyes) entfernt, so blieb der blaue Farbstoff in den gewundenen Canälchen liegen. Er rückte nicht abwärts, da das befördernde Wasser aus den zerstörten Glomerulis fehlte. Es spricht dieser Versuch also auch dafür, dass die Glomeruli das Harnwasser, die gewundenen Harncanälchen die specifischen Harnbestände abgeben. Schon früher beobachtete v. Wittich bei Vögeln, dass die Harnsäure aus den Zellen der gewundenen Harncanälchen ausgeschieden werde.

2. Auch dann, wenn entweder nach Unterbindung des Ureters oder durch sehr bedeutende Blutdrucksverminderung in der Art. renalis (nach Halsmarkdurchschneidung oder Aderlass) Harnwasser gar nicht mehr secernirt wird, sieht man dennoch noch jene Stoffe nach Ueberführung in das Blut in jene Epithelien übertreten; ebenso regt nun Harnstoffinjection die Secretion wieder an. Es beweist dies, dass unabhängig vom Filtrationsdruck die secretorische Thätigkeit erfolgt (Heidenhain, Neisser, Ustimowitsch, Grützner).

Die selbstständige vitale, nach einfachen physikalischen Vorgängen noch nicht erklärbare Thätigkeit der Drüsenzellen der Harncanälchen macht es also, dass wir in den Drüsenschläuchen keine einfachen, den physikalischen Membranen ähnliche Apparate erkennen können. Die vitale Thätigkeit erklärt es auch nur, weshalb das Serumalbumin des Blutes gar nicht in den Harn übertritt, jedoch sehr schnell in's Blut gebrachtes Eieralbumin oder gelöstes Hämoglobin. — Unter normalen Verhältnissen mag die saure Reaction des Harns den Uebertritt des Serumalbumins aus dem Blute in den Harn mit verhindern; da dieses nämlich durch thierische Membranen hindurch wohl in destillirtes Wasser, jedoch kaum in Spuren in angesäuertes Wasser endosmotisch übergeht (Heynsius). Unter den Salzen, die in dem gesammten Blute (auch in den Blutkörperchen) vorkommen, können natürlich nur die gelösten in den Harn übergehen. Diejenigen, welche an Eiweisskörpern oder in den zelligen Elementen gebunden sind, können nicht übertreten, oder doch erst nach Zerlegung derselben. So erklärt sich die Differenz der Salze des Gesammtblutes und des Urines. Ebenso kann der Harn von den Gasen des Blutes nur die absorbirten, nicht aber die chemisch gebundenen aufnehmen.

Sistirung der Harnabsonderung nach Ureterenligatur.

Kommt es in dem Ureter (etwa durch Unterbindung) und weiterhin in den Harncanälchen zu einer Stauung des Secretes, so wird ein Zurücktreten des letzteren in das Gewebe der Niere und weiterhin in das Blut beobachtet. Die Niere wird ödematös durch Füllung der Lymphräume; das Secret verändert sich, indem zuerst Wasser in das Blut zurückresorbirt wird, dann aber sinkt auch das Kochsalz in dem Secrete, ebenso Schwefelsäure und Phosphorsäure, zuletzt auch der Harnstoff (Ludwig, M. Hermann). Kreatinin war noch reichlich vorhanden. Eine eigentliche Harnabsonderung findet weiterhin nicht mehr statt (Löbell).

Wechselnde Thätigkeit beider Nieren.

Beachtenswerth ist noch der Umstand, dass beide Nieren niemals symmetrisch secerniren: es handelt sich hier um einen Thätigkeits- und Blutfüllungswechsel (vgl. pag. 196). Die eine Niere sondert ein wasserreicheres Secret ab, das zugleich mehr Kochsalz und Harnstoff enthält (Ludwig, M. Hermann). Schon v. Wittich hatte beobachtet, dass in den Vogelnieren die Ausscheidung der Harnsäure nicht in allen Harncanälchen gleichmässig, sondern nur in stets wechselnden Gebieten erfolge Die Exstirpation einer Niere, oder der krankhafte Untergang derselben beim Menschen vermindert nicht die Absonderung (Rosenstein). Es tritt eine vermehrte Thätigkeit der übriggebliebenen ein unter Vergrösserung des Organes.

Ob in der Niere Rückaufsaugung statthabe.

Es will mir scheinen, dass bei der Beurtheilung der absondernden Thätigkeit der Niere besonderes Gewicht auf das Kaliber der Harncanälchen in ihrem

Verlaufe gelegt werden muss. Vornehmlich möchte ich an die sehr beträchtliche Verjüngung des absteigenden Schenkels der Henle'schen Schleife erinnern: vielleicht kommt es an dieser Stelle zu einer Rückaufsaugung entweder von Wasser zur grösseren Concentrirung des Harnes, oder gar von Eiweiss, das bei der Filtration vielleicht in geringer Menge im Glomerulus mit durchgeht.

276. Die Bereitung des Harnes.

Die Harnbestandtheile werden von der Niere nur ausgeschieden, nicht bereitet.

Die Frage, ob der Harn durch die Niere lediglich abgeschieden werde, oder ob nicht auch zum Theil Harnbestandtheile durch die Niere selbst bereitet werden, ist vielfach discutirt worden. Die folgenden Versuche sind im Stande Anhalt über dieselbe zu liefern.

1. Das Blut enthält bereits in 3000—5000 Theilen 1 Theil Harnstoff, aber das der Vena renalis ist ärmer an Harnstoff, als das Blut der Arterie (Picard, Gréhant); diese Thatsache spricht für die Ausscheidung des Harnstoffes aus dem Blute.

2. Nach der Exstirpation der Nieren [Nephrotomie (Prevost und Dumas)] oder der Unterbindung der Gefässe derselben, häuft sich Harnstoff im Blute an (Meissner, Voit) und zwar mit der Zeit zunehmend (Gréhant) bis zu $\frac{1}{400}$ — $\frac{1}{300}$. Zugleich werden Harnstoff- und Ammoniak-haltige Flüssigkeiten erbrochen und mit Durchfällen entleert (Cl. Bernard, Barreswil). (Thiere sterben nach dieser eingreifenden Operation übrigens nach 1—3 Tagen.) Im Blute und den Muskeln fand man Kreatin und Kreatinin vermehrt.

3. Werden die Harnleiter unterbunden, so hört die eigentliche Absonderung der Nieren bald auf (Löbell). Hiernach steigt in noch bedeutenderem Masse die Harnstoffanhäufung im Blute, als nach der Nephrotomie (da letztere Operation zu sehr eingreifend ist und die Lebensprocesse enorm niederdrückt). Bei Schlangen und Vögeln hat die Ligatur der Ureteren eine Ablagerung von Harnsäure in den Gelenken und Geweben zur Folge, so dass namentlich die serösen Häute weisslich davon incrustirt erscheinen; das Gehirn bleibt frei (Zalesky, Oppler). Die Nierenexstirpation bei Schlangen zeigt dasselbe in geringerem Grade aus dem vorhin angeführten Grunde.

Es ist aus diesen Versuchen zu folgern, dass der Harnstoff und mit ihm wohl die meisten organischen Harnbestandtheile lediglich durch die Niere abgesondert, nicht aber in denselben bereitet werden. Die Bildungsstätte aller dieser Stoffe ist wohl vornehmlich in die Gewebe zu verlegen: der Harnstoff entsteht aus zersetztem Eiweiss, vielleicht vornehmlich in der Leber und den Lymphdrüsen; das Urobilin bildet sich aus Blutfarbstoff (pag. 45).

Physiologisch chemische Vorgänge in der Niere.

Ueber physiologisch-chemische Vorgänge in den Nieren selbst ist sehr wenig bekannt. Die Nieren sind ungemein wasserreich: ausser Eiweiss, leimgebender Substanz, Fett in den Epithelien (zumal nach Milch- und Fleischgenuss), der elastischen, Sarkolemma-ähnlichen Substanz der Hüllen der Harncanälchen und den Gewebsbestandtheilen der Gefässe und ihrer glatten Muskeln enthalten die Nieren Leucin, Xanthin, Hypoxanthin, Kreatin, Taurin, Inosit, Cystin (letzteres in keinem anderen Gewebe), von denen die meisten entweder gar nicht, oder nur in geringen Mengen in den Harn übergehen. Das Vorkommen dieser Stoffe deutet wohl einen regen Stoffwechsel in den Nieren an, auf den auch schon durch die mächtigen Gefässe der Niere hingewiesen wird.

Verhalten der Gefässe.

Während der Secretion der Nieren soll das Blut der Nierenvene hellroth werden (Cl. Bernard) und seinen Faserstoffgehalt verlieren (Simon). Zu betonen ist endlich noch die saure Reaction des Nierengewebes, die sich auch bei solchen Thieren findet, deren Harn alkalisch ist. Es steht dies vielleicht zu der Eiweissretention seitens der Harncanälchen in Beziehung.

277. Verhalten des Ueberganges verschiedener Stoffe in den Harn.

1. Unverändert gehen in den Harn über schwefelsaure, borsaure, kieselsaure, salpetersaure, kohlensaure Alkalien; Chlor-, Brom- und Jodalkalien; Rhondankalium, Kaliumeisencyanür; gallensaure Salze, Harnstoff, Kreatinin; Cumar-, Oxal-, Campher-, Pyrogallus-, Sebacyl-, Carbol-Säure; viele Alkaloide, z. B. Morphin, Strychnin, Curarin, Chinin, Coffein; unter den Farbstoffen indigoschwefelsaures Natron, Carmin, Gummigutti, Krapp, Campeche, der Farbstoff der Heidelbeeren, Maulbeeren, Kirschen, Rheum; ferner Santonin; endlich die Salze von Gold, Silber, Quecksilber, Arsen, Wismuth, Antimon (nicht von Blei), die jedoch meist in die Galle und die Fæces gehen.

2. Gewisse Stoffe (welche für gewöhnlich und wenn sie in kleinen Mengen in das Blut gelangen der Zersetzung anheimfallen) gehen zum Theil in den Harn, wenn sie sich in so grosser Menge im Blute anhäufen, dass sie nicht völlig zersetzt werden können: Zucker, Hämoglobin, Eiereiweiss, pflanzensaure Alkalien, Alkohol.

3. Viele Stoffe erscheinen in ihren Oxydationsproducten im Harne: mässige Mengen pflanzensaurer Alkalien, als kohlensaure Alkalien, Harnsäure zum Theil als Allantoin, schweflig- und unterschwefligsaures Natron als schwefelsaures Natron, Schwefelkalium als schwefelsaures Kalium.

4. Diejenigen Körper, welche, wie das Glycerin, Campher, Harze, völlig verbrennen, zeigen im Harne keine besonderen Abkömmlinge.

5. Manche Substanzen gehen eine Paarung ein und erscheinen als gepaarte Verbindungen im Harne: hierher gehört die Entstehung der Hippursäure durch Paarung (pg. 482), die Bildung der gepaarten Schwefelsäuren (pg. 485, 487), sowie die Bildung des Harnstoffes durch Synthese (pg. 474).

6. Die Gerbsäure $C_{14}H_{10}O_9$ nimmt H_2O auf und zerlegt sich so hydrolytisch in 2 Molecüle Gallussäure $= 2\ (C_7H_6O_5)$.

7. Reducirt werden jodsaures und bromsaures Kalium zu Jod- und Brom-Natrium; Aepfelsäure ($C_4H_6O_5$) zum Theil zu Bernsteinsäure ($C_4H_6O_4$); das Indigoblau ($C_{16}H_{10}N_2O_2$) nimmt Wasserstoff auf zu Indigoweiss ($C_{16}H_{12}N_2O_2$).

8. Endlich gehen viele Substanzen gar nicht in den Harn über, wie Serumalbumin, Oele, unlösliche Metallsalze und Metalle.

278. Einfluss der Nerven auf die Nierensecretion.

Wirkung der vasomotorischen Nerven auf die Harnabsonderung.

Es ist bis jetzt nur der Einfluss der vasomotorischen Nerven auf die Filtration des Harnes aus den Nierengefässen bekannt. Im Allgemeinen ist festzuhalten, dass eine Erweiterung der Nierenarterienäste, speciell der Vasa afferentia, den Druck im Glomerulus verstärken muss und daher also die Menge der filtrirten Flüssigkeit zunimmt. Je mehr die Erweiterung der Gefässe auf das Gebiet der Art. renalis allein beschränkt ist, um so grösser ist das Harnquantum.

1. Eine Durchschneidung der Nierennerven in der Umgebung der Gefässe hat in der Regel Vermehrung der Harnmenge zur Folge; mitunter beobachtet man wegen des gesteigerten Druckes Uebertritt von Eiweiss, ja sogar (bei Zerreissung von Gefässen im Glomerulus) von Blut in den Harn. Das Centrum dieser Nieren-Vasomotoren liegt am Boden des 4. Ventrikels vor den Vagusursprüngen: die Verletzung (Stich) dieser Stelle hat daher Vermehrung des Harnes zur Folge, mitunter unter gleichzeitigem Auftreten von Eiweiss und Blut (Diabetes insipidus) (Cl. Bernard). Unfern dieser Stelle liegt

das Centrum der Lebervasomotoren, dessen Verletzung Zuckerbildung in der Leber hervorruft (vgl. pag. 315).

2. Wird ausser dem Gebiete der Nierenarterie noch ein benachbartes umfangreiches Gefässgebiet zugleich mit gelähmt, so wird der Blutdruck im Gebiete der Nierenarterie weniger gross sein, da zugleich viel Blut in die übrige gelähmte Provinz einströmt. Unter diesen Verhältnissen wird man daher entweder nur eine geringere oder nur vorübergehende Polyurie sehen. So entsteht eine mässige Vermehrung der Harnmenge während einiger Stunden nach Durchschneidung des N. splanchnicus. Dieser enthält die vasomotorischen Nierennerven [die zum Theil schon am ersten Brustnerven das Rückenmark verlassen und in den sympathischen Grenzstrang übertreten (Eckhard)], zugleich aber auch die des grossen Gebietes der Darmgefässe. Reizung desselben Nerven hat natürlich den entgegengesetzen Erfolg (Cl. Bernard, Eckhard).

3. Wird sofort mit der Lähmung der Nierennerven die überwiegende Masse aller Körpervasomotoren gelähmt, so sinkt der umfangreichen Erschlaffung aller dieser Gefässbahnen entsprechend der Druck im ganzen arteriellen Gebiete. In Folge davon sinkt sofort die Harnabsonderung sogar bis zur völligen Sistirung. Diese letzte Wirkung zeigt sich nach Durchschneidung des Halsmarkes bis zum 7. Halswirbel abwärts (Eckhard). Es ist somit auch der Versuch erklärlich, dass die nach Verletzung des Bodens des 4. Ventrikels eintretende Polyurie wieder verschwindet, sobald das Rückenmark (bis zum 12. Brustnerven abwärts) durchschnitten wird.

Bei wiederholter Einathmung von CO soll mitunter Polyurie eintreten, vielleicht in Folge einer Lähmung des Centrums der Nierenvasomotoren.

Einfluss des N. vagus.

Nach Cl. Bernard soll Reizung des N. vagus an der Cardia die Harnsecretion vermehren unter Röthung des Nierenvenenblutes. Vielleicht enthält derselbe vaso-hypotonisirende Fasern, die sich ähnlich verhalten würden, wie die entsprechenden Fasern im N. facialis für die Speicheldrüsen (vgl. pag. 267).

Man vergleiche noch „Harnmenge“ (pg. 469) und das Anatomische über die Nierennerven.

279. Urämie — Ammoniämie — Harnsäuredyskrasie.

Zeichen der urämischen Intoxication.

Nach Ausrottung der Nieren oder Unterbindung der Harnleiter, welche eine weitere Harnabsonderung unmöglich machen, weiterhin aber auch beim Menschen in Folge hochgradiger Harnstauung, sowie nach krankhaften Veränderungen der Nieren (Entzündungen, Verfettung und Abstossung der Epithelien der Harncanälchen, bindegewebiger Nierenschrumpfung, amyloider Entartung) kommt es zu einer Reihe charakteristischer Erscheinungen, die einer Vergiftung gleichen und in hohen Graden den Tod nach sich ziehen. Man nennt diese die urämische Intoxication oder Urämie. Hervorstechend ist unter den Erscheinungen geistige Abgeschlagenheit, Schlafsucht, selbst Bewusstlosigkeit bis zum tief comatösen Zustande und daneben von Zeit zu Zeit der Ausbruch von Zuckungen oder selbst ausgebreiteter heftiger Krämpfe. Mitunter zeigen sich Delirien und Sinnestäuschungen. Dabei ist der Eintritt des sog. Cheyne-Stokes Respirationsphänomens (pag. 219) oft beobachtet; mitunter tritt wegen Blutergüssen in den Netzhäuten Erblindung ein; auch Schwerhörigkeit wird beobachtet. Erbrechen und Durchfälle sind häufig: in diesen wie in der ausgeathmeten Luft ist Ammoniak (aus zersetztem Harnstoff) mitunter nachweisbar.

Ursachen derselben: Als Ursache für diese Erscheinungen hat man das Zurückhalten der normalmässig durch den Harn entleerten Substanzen betrachtet, ohne dass es jedoch bis jetzt gelungen wäre, mit Sicherheit denjenigen Stoff zu bezeichnen, der als Urheber der Vergiftungserscheinungen angesehen werden müsste.

Retention von Harnstoff, 1. Der erste Verdacht wurde auf den Harnstoff gelenkt. Voit beobachtete, dass selbst gesunde Hunde urämische Erscheinungen zeigten, wenn sie längere Zeit Harnstoff in ihrer Nahrung verzehrten, wenn dabei zugleich Wassergenuss (der den Harnstoff schnell durch die Nieren abgeführt hätte) verwehrt war. Ueberdies fand Meissner, dass der Tod unter urämischen Erscheinungen bei nephrotomirten Thieren sich beschleunigen liess, wenn zugleich Harnstoff in's Blut gespritzt wurde. Eine Einspritzung mässiger Harnstoffmengen in das Blut ganz gesunder Thiere hat allerdings keine urämischen Erscheinungen zur Folge, wohl deshalb, weil diese schnell wieder durch die Nieren ausgeschieden werden; 1—2 Gr. rufen jedoch bei Kaninchen bereits comatöse Zustände hervor (Meissner). J. Ranke findet die Wirkung des Harnstoffes (beim Frosche) in einer primären Reizung des Setschenow'schen cerebralen Reflexhemmungscentrums, dem eine spätere Lähmung unter Erscheinung eintretender Reflexkrämpfe folge. Zugleich glaubt er das Willensorgan im Grosshirn afficirt, da die willkürlichen Bewegungen aufgehoben seien. (Die Hippursäure soll beim Frosche ganz ähnlich wirken.)

Kohlensaurem Ammonium, 2. Da Einspritzung von kohlensaurem Ammonium den urämischen Erscheinungen ähnliche Störungen hervorruft, so glaubten Frerichs und Stannius, dass die Umsetzung des Harnstoffes im Blute in diese Substanz die Intoxication bedinge: Ammoniämie. Eine Geneigtheit zu dieser Umsetzung im Blute herrscht allerdings unter normalen Verhältnissen nur in beschränkter Weise; im Blute der Urämischen soll es jedoch nachzuweisen sein (?).

von anderen Harnbestandtheilen. 3. Da bei Vögeln und Schlangen, die ganz vorwiegend Harnsäure entleeren, die Ureterenligatur gleichfalls comatöse Zustände hervorruft (Zalesky), so musste auch an andere Substanzen gedacht werden, die möglicher Weise die Vergiftungssymptome bewirkten. Meissner sah nach Kreatinin-Einspritzung Mattigkeit und Zuckungen bei Hunden entstehen; Cl. Bernard, Traube, Ranke weisen einen Theil der Erscheinungen einer Aufspeicherung der neutralen Kalisalze zu (siehe auch pag. 110), Schottin und Oppler denken an die Aufspeicherung der normalen oder abnorm zersetzten Extractivstoffe, Thudichum an Oxydationsstufen des Harnfarbstoffes. Vielleicht wirken viele Stoffe oder deren Zersetzungsproducte zusammen (Voit, Perls, Rosenstein). Einspritzung von Kreatin, Bernsteinsäure (Meissner), Harnsäure und harnsaurem Natron (Ranke) sind wirkungslos.

Acutes Hirnödem. In der abweichendsten Weise hat sich Traube geäussert: er sieht als Ursache der hauptsächlichsten Erscheinungen ein acutes Hirnödem an. Da die Wasserausscheidung durch den Harn verhindert ist und oft beim Menschen zugleich erhöhte Spannung im arteriellen Systeme herrscht, so soll unter diesen Verhältnissen eine plötzliche Transsudation von Wasser in die Gehirnsubstanz stattfinden.

Wahrscheinlich handelt es sich in den urämischen Erscheinungen um eine combinirte Wirkung verschiedener Factoren, deren Wirksamkeit im Einzelnen noch nicht hat festgestellt werden können.

Ammoniämie. Wenn alkalisch zersetzter Harn in der Blase (pg. 489) sich zu kohlensaurem Ammonium zersetzt (oder bei gleichem Verhalten bei sogenannter Harninfiltration), kommt durch Resorption des Ammoniaks Ammoniämie zur Erscheinung. Athem und Ausdünstung des Befallenen riechen stark ammoniakalisch, Mund, Rachen und Haut sind sehr trocken, Erbrechen, Durchfall oder Verstopfung zeigt sich mitunter, im Darme entwickeln sich mitunter ruhrartige Geschwüre unter einer dünnen, grünlichgelben, ammoniakalisch stinkenden Absonderung im Darme (Treitz). Unter hochgradiger Abmagerung erfolgt meist der Tod, doch zeigen sich keine Störungen des Bewusstseins.

Harnsäure-Dyskrasie. Bei andauernd reichlicher N-haltiger Nahrungszufuhr, Spirituosengenuss und geringer Thätigkeit, zumal wenn die Athmungsthätigkeit eine Störung erlitten hat, kommt es im Blute nicht selten zu starker Harnsäure-Ansammlung (Garrod). Letztere wird unter entzündlichen schmerzhaften Anfällen in den Gelenken und deren Bändern (vornehmlich an Fuss und Hand), in Knochen und Knorpeln deponirt (Gichtknoten, Arthritis urica).

280. Bau und Thätigkeit der Harnleiter.

Schleimhaut mit geschichtetem Uebergangs-epithel.

Nierenbecken und Ureter haben eine aus zarten Bindegewebsfasern mit vielen eingelagerten Zellen gewebte Schleimhaut, auf welcher ein geschichtetes „Uebergangs"-Epithel sitzt. Die tiefste Lage dieses letzteren führt rundliche, kleinere, weiche Zellen; dann folgt ein Lager mehr aufgerichteter, keulen- und kolbenförmiger Zellen, deren verjüngte Enden zwischen den Zellen der tiefsten Schichte wurzeln; die freie Fläche wird von würfelförmigen Zellen überdeckt. Im Bereiche des Nierenbeckens trägt die Schleimhaut vereinzelte kleine, traubige Schleimdrüschen.

Dreifache Muskel-schicht.

Die Muscularis besteht aus einer inneren, etwas stärkeren Längsschicht und aus einer äusseren circulären, zu denen im unteren Drittel noch einige zerstreut liegende Bündel längs verlaufender Faserzüge hinzukommen: alle diese Lagen sind von Bindegewebe ziemlich stark durchwebt. Die äussere Bindegewebshülle bildet eine Art Adventitia, in welcher die gröberen Gefässe und Nerven liegen.

Die Schichten des Harnleiters lassen sich aufwärts bis zum Nierenbecken und zu den Kelchen verfolgen; sie überziehen schliesslich auf die Basis der Pyramiden übergehend diese selbst nur mit der Schleimhaut, während die Muskeln am Fusse der Pyramiden aufhören und hier durch circuläre Bündel noch eine Art von Sphincter um dieselben formiren (Henle).

Sphincter der Pyramiden.

Die Blutgefässe versorgen die verschiedenen Schichten und bilden unter dem Epithel ein capillares Netzwerk. Die relativ spärlichen markhaltigen Nerven, in deren Umgebung Ganglien angetroffen werden, versorgen theils als motorische die Muskeln, theils dringen sie bis gegen das Epithel vor. Diese sind reflexanregend und sensibel (heftige Schmerzen bei Einklemmungen von Concrementen).

Nerven.

Mündung.

Der Harnleiter durchbohrt die Dicke der Blasenwand, indem er sie schräg in längerem Verlauf durchsetzt; die innere Oeffnung ist ein schräg nach innen und abwärts gerichteter Schlitz in der Schleimhaut, der mit einem zugeschärften klappenartigen Vorsprung versehen ist.

Fortbewegung des Harns im Ureter.

Die Fortbewegung des Harnes durch den Harnleiter geschieht 1. dadurch, dass das in der Niere unter höherem Drucke stets neu abgesonderte Secret das im Ureter befindliche, unter viel geringerem Drucke stehende, vor sich her treibt. — 2. Bei aufrechter Stellung rinnt der Harn durch seine Schwere im Harnleiter nieder. — 3. Die Muskeln des letzteren befördern durch peristaltische Bewegungen den Harn zur Blase. Letztere entstehen nur reflectorisch durch den eintretenden Harn alle $^3/_4$ Minute einige Tropfen (Mulder) (oder durch directe Reizung); sie verlaufen mit einer Schnelligkeit von 20—30 Mm. in 1 Secunde stets abwärts.

Bei localer Reizung verläuft die Contraction nach beiden Seiten hin. Da Engelmann diese Bewegungen auch an solchen ausgeschnittenen Ureterenstücken

sah, an denen weder Nervenfasern noch Ganglien sichtbar waren, so glaubt er, dass sich die Bewegung durch directe Muskelleitung in den glatten Muskeln fortpflanze (ähnlich wie am Herzen; vgl. pag. 109).

Verhinderung der Rückstauung in die Nieren — Das Zurückstauen des Harnes gegen die Niere hin wird verhindert: 1. Dadurch, dass das im Nierenbecken und in den Kelchen unter hohem Drucke sich sammelnde Secret von allen Seiten her die Pyramiden zusammendrückt, so dass der Harn nicht in die, so durch Druck verschlossenen, Harncanälchen zurücktreten kann (E. H. Weber). — 2. Tritt bei reichlicher Ansammlung von Harn im Ureter (etwa bei Verstopfungen durch Concremente) die Musculatur zur Fortbewegung in lebhaftere Thätigkeit, so drückt der die Pyramiden umgürtende Theil der Muskelfasern die Harncanälchen so zusammen, dass der Harn nicht in die Ausflussröhren der Harncanälchen zurücktreten kann. — *und in den Ureter.* Ein Zurücktreten von Harn aus der Blase in den Ureter ist theils dadurch erschwert, dass bei starker Spannung der Blasenwand der Harnleiter, soweit er innerhalb derselben liegt, mit zusammengepresst wird, theils dadurch, dass die Dehnung der Blasenschleimhaut die Ränder der schlitzförmigen Mündung straff gegen einander spannt.

281. Bau der Harnblase und der Harnröhre.

Schleimhaut. Die Schleimhaut der Harnblase ist der der Harnleiter nicht unähnlich; das geschichtete Epithel zeigt in der oberen Lage plattere Zellen. *Musculatur.* Die glatten Muskelfasern sind zu Bündeln angeordnet, die zwar vorwiegend eine äussere Lage longitudinaler und eine innere circulärer Fasern erkennen lassen, ausserdem aber vielfältig nach verschiedenen Richtungen hin unter Bildung eines weitmaschigen Balkennetzes sich durchkreuzen. Zwischen der Musculatur und der Schleimhaut befindet sich eine Schicht zarten fibrillären zellenhaltigen Bindegewebes mit elastischen Fasern untermischt.

Eine zu minutiöse Zergliederung der einzelnen Lagen und Züge der Blasenmusculatur hat zu irrthümlichen physiologischen Deutungen Anlass gegeben. Hieher gehört die Aufstellung eines besonderen *M. detrusor urinae.* Musc. detrusor urinae, der aus den, vornehmlich an der vorderen und hinteren Fläche vom Vertex bis zum Fundus vertical verlaufenden Fasern bestehen soll. Ebenso ungerechtfertigt ist die Annahme eines besonderen *M. sphincter vesicae internus.* Sphincter vesicae internus, der aus der 6—12 Mm. mächtigen, circulären Schichte glatter Muskeln bestehen soll, der den Anfang der Harnröhre umgibt und in seiner Formation die Trichtergestalt des Blasenausganges bilden hilft. *Trigonum vesicae.* Im Trigonum Lieutaudii sind zumal zwischen den Ureterenmündungen zahlreiche Muskelbündel, zum Theil mit circulären, zum Theil mit longitudinalen Fasern des Blasenkörpers zusammenhängend.

Die Blase ein einheitlicher Hohlmuskel. In physiologischer Hinsicht ist daran festzuhalten, dass die Muskeln der Blase in ihrer Gesammtheit einen gemeinsamen Hohlmuskel darstellen, dem auch nur die einzige Function zukommt, bei der Contraction den Hohlraum allseitig zu verkleinern und den Inhalt zu entleeren.

Die Gefässe der Blase haben in ihrer Vertheilung Aehnlichkeit mit denen der Harnleiter; die Nerven tragen Ganglienhaufen ihren Stämm-

chen angefügt: sie sind theils motorische, theils sensible, reflexanregende und Gefässnerven.

Die weibliche Harnröhre.

Beim Weibe dient die Harnröhre allein als Ableitungsrohr des Harnbehälters. Die aus zahlreichen fibrillären Binde- und elastischem Gewebe gebildete papillentragende Schleimhaut trägt ein geschichtetes Pflasterepithel; ausserdem sind eingelagert einige Littre'sche (Schleim-) Drüschen. Der Schleimhaut liegt zunächst eine Lage longitudinaler glatter Muskelfasern auf und letzterer wieder eine Schicht circulärer. Diese Schichten sind von sehr reichen Bindegewebs- und elastischen Fasern durchwebt und enthalten ausserdem bedeutend erweiterte, in ihrem Bau an cavernöse Räume erinnernde Venenplexus.

M. sphincter uretrae.

Der eigentliche Sphincter uretrae ist ein quergestreifter, durch den Willensimpuls sich zusammenziehender und auch durch ihn erschlaffender Muskel, der theils aus transversalen vollkommen ringförmigen Fasern besteht, die sich bis zur Mitte der Harnröhre abwärts erstrecken (den glatten circulären zunächst anliegend), theils aus longitudinalen, die nur an der hinteren Harnröhrenwand aufwärts bis zum Blasengrund, abwärts zwischen den circulären Zügen sich verlieren. Weitere circuläre Fasern liegen unterhalb der Mitte der Harnröhre nur vereinzelt an der vorderen Fläche derselben (Henle).

Männliche Harnröhre.

In der männlichen Harnröhre ist das Epithel der Pars prostatica noch dem der Blase ähnlich, in der häutigen wird es ein geschichtetes, in dem cavernösen Theile ein einfaches Cylinderepithel. Die unter dem geschichteten Epithel papillentragende Schleimhaut enthält zumal im hinteren Theile die schleimabsondernden Littre'schen Drüsen.

Glatte Muskelfasern finden sich im prostatischem Theile als Längsschicht, besonders am Colliculus seminalis, in dem membranösen Abschnitt sind vornehmlich circuläre Züge mit zwischengeschobenen longitudinalen; der cavernöse Theil hat hinten zarte circuläre, nach vorn nur vereinzelte schiefe und longitudinale unbedeutende Bündel.

Was die Verschlussvorrichtung der männlichen Harnröhre anbetrifft, so ist zunächst darauf hinzuweisen, dass der von den Anatomen so genannte Sphincter vesicae internus, der aus glatten Muskelfasern bestehend noch als integrirender Theil der Blasenmusculatur abwärts bis innerhalb der Pars prostatica uretrae, oberhalb des Colliculus seminalis den Harnröhrenanfang umkreist, gar kein Schliessmuskel ist. Der eigentliche quergestreifte Sphincter uretrae (sive Sph. vesicae externus) liegt unterhalb des letzteren. Er ist ein völlig ringförmig um die Harnröhre herum geschlossener Muskel (dicht über dem Eintritt der Uretra in das Septum urogenitale) an der Spitze der Prostata, wo seine Fasern mit denen des darunter belegenen Musc. transversus perinei profundus Bündel austauschen.

M. sphincter uretrae.

Es gehören zu diesem Schliessmuskel auch noch longitudinale Fasern, welche längs des oberen Randes der Prostata von der Blase her herabziehen. Vereinzelte transversale Bündel kommen vorn von der Fläche des Blasenhalses her; sodann gehören noch zu dem Schliessmuskel jene transversalen Züge, welche innerhalb der Prostata selbst dem Gipfel des Colliculus seminalis gegenüber liegen,

einem starken Querbalken ähnlich vor dem Anfang der Uretra quer in die Substanz der Prostata hinein ziehend (Henle).

Blut- und Lymphgefässe. In der Harnröhre des Mannes bilden die Blutgefässe unter dem Epithel ein reiches capillares Maschenwerk, unter welchem ein lymphatisches weitmaschiges Gefässnetz liegt.

282. Ansammlung und Zurückhalten des Harnes in der Blase. — Entleerung des Harns.

Zurückhalten des Harnes. Nach der Entleerung der Blase sammelt sich der Harn auf's Neue unter ganz allmählicher Dehnung wieder an. So lange das Quantum des Harns ein nur mässiges ist, genügt völlig die Elasticität der die Harnröhre umgebenden elastischen Fasern und die des Musc. sphincter uretrae (beim Manne noch dazu die der Prostata), um den Harn in der Blase zurückzuhalten. Es beweist dies schon der Umstand, dass beim Leichnam der Harn die Blase nicht verlässt. *Wirkung der Elasticität der Gewebe am Ostium uretrae.*

Sobald jedoch die Blase sich stärker füllt (bis zu 1,5 bis 1,8 Liter), wobei ihr Scheitel über die Schamfuge emporsteigt, dehnen sich die Blasenwände unter mässiger Erregung der sensiblen Nerven derselben (Gefühl der gefüllten Blase), und zugleich wird die Uretralöffnung durch diese Dehnung derartig dilatirt, dass etwas Harn in den Anfangstheil der Harnröhre einzutreten beginnt.

Ausser der bewussten Empfindung der vollen Blase ruft diese Spannung aber auch Reflexe hervor und zwar sowohl der Blasenwände, die sich nun periodisch leicht um den flüssigen Inhalt zusammenziehen (es lässt sich diese Bewegung einigermassen mit einer intermittirenden Peristaltik vergleichen), als auch des quergestreiften M. sphincter uretrae, der die Harnröhre beim Andrange eines jeden Harntropfens reflectorisch schliesst. *Reflexbewegung des M. sphincter uretrae.* So lange die Spannung der Blase keinen hohen Grad erreicht hat, überwiegt die reflectorische Thätigkeit des quergestreiften Schliessmuskels (wie es im Schlafe der Fall ist); bei fortschreitender höherer Dehnung jedoch überwinden die Blasenwände den Harnröhrenverschluss und die Blase wird entleert (wie es normalmässig bei kleinen Kindern der Fall zu sein pflegt).

Willkürliche Bewegung des M. sphincter uretrae. Bei Heranwachsenden kommt in Betracht, dass der Harnröhrenschliesser dem Willen der Art unterworfen ist, dass er sowohl willkürlich energisch zusammen gezogen werden kann, (wobei ihm bei grösster Anstrengung des Zurückhaltens der M. bulbocavernosus beim Manne unterstützend hilft, bei dessen Wirkung zugleich der Sphincter ani in Action tritt), als auch dass seine reflectorische Erregung willkürlich gehemmt werden kann, so dass er völlig erschlafft. Letzteres findet stets statt, wenn die Blase willkürlich entleert wird.

Nervenmechanismus für die Retention und Entleerung des Harnes.

Die für die besprochenen Mechanismen nöthigen Nerven sind: 1. Die motorischen Nerven des M. sphincter uretrae liegen im N. pudendus (vordere Wurzeln des 3. und 4. Sacralnerven): ihre Durchschneidung hat, sobald die Füllung der Blase bis zur Dehnung der Uretralöffnung vorschreitet, Harnträufeln (Incontinentia urinae) zur Folge. — 2. Die sensiblen Harnröhrennerven, welche die vorbenannten reflectorisch anregen, treten durch die hinteren Wurzeln des 3., 4., 5. Sacralnerven zum Rückenmark. Auch ihre Durchschneidung hat Harnträufeln zur Folge. Das Centrum des Reflexes liegt bei Hunden am 5., bei Kaninchen am 7. Lendenwirbel (Budge). — 3. Vom Grosshirn (Willensorgan) verlaufen Fasern durch den Pedunculus cerebri (Fuss desselben) und die Vorderstränge des Rückenmarkes zu den Bewegungsfasern des Harnröhrenschliessers. — 4. Auf derselben Bahn (vielleicht vom Sehhügel (?) aus) verlaufen die Hemmungsfasern des Reflexes des Harnröhrenschliessers im Rückenmarke abwärts bis zur Gegend des Austrittes des 3.—5. Sacralnerven. — 5. Durch das Rückenmark aufwärts zum Gehirne (Bahn unbekannt) verlaufen endlich die Gefühlsnerven der Harnröhre und der Blase, welche das Gefühl der Blasenfüllung und des Harnandranges in die Harnröhre vermitteln. — Quere Durchtrennung des Rückenmarkes (oberhalb des Nervenaustrittes) hat stets in erster Linie Harnverhaltung zur Folge, wobei sich die Blase ausdehnt. Es rührt dies daher, weil 1. die Rückenmarksdurchtrennung gesteigerten Reflex des Harnröhrenschliessers zur Folge hat, und 2. weil die Hemmung dieses Reflexes nicht mehr erfolgen kann.

Wird unter steigender Dehnung der Blasenwände endlich rein mechanisch auch die Uretralöffnung dilatirt, so erfolgt Harnträufeln. Doch fliesst stets nur tropfenweise die das Spannungsmaximum (bei der die Harnröhre noch schliesst) übersteigende geringe Harnmenge ab. Daher dehnt sich mehr und mehr die Blase aus, da die Spannung der dauernd gedehnten Wände mehr und mehr nachlässt, und die Blase kann zu enormer Grösse gedehnt werden. Es kommt fast constant in der Blase zur ammoniakalischen Zersetzung des lang aufgespeicherten Harnes, wodurch Katarrhe und Entzündungen der Blase hervorgerufen werden. — Die vorstehenden Thatsachen kann ich nach den Versuchen von Budge, bei deren Ausführung ich betheiligt war, bestätigen.

Willkürliche Harnentleerung bei beliebigem Füllungsgrade der Blase.

Ueber die willkürliche Harnentleerung bei beliebigem geringen Füllungsgrade der Blase sind die Anschauungen noch nicht geeinigt. Dieselbe wird zum Theil so gedeutet, als würde vom Willensorgane aus durch die Bahn des Pedunculus cerebri, die Vorderstränge des Rückenmarkes und weiter durch die vorderen Wurzeln des 3. und 4. Sacralnerven, sowie zum Theil durch motorische Fasern aus dem 2.—5. Lumbalnerven (vornehmlich dem 3.) direct auf die glatte Musculatur der Blase gewirkt, da nämlich durch elektrische Reizung dieser ganzen Bahn Blasencontraction erzielt werden kann. Ich halte diese

Ansicht für unstatthaft. Vorher will ich noch erwähnen, dass wie Budge mitgetheilt hat, die sensiblen Nerven der Blasenwände durch den 1., 2., 3., 4. Sacralnerven in das Rückenmark treten, und ausserdem auch zum Theil durch die Bahn des Plexus hypogastricus, weiterhin von letzterem in den Grenzstrang des Sympathicus und von ihm endlich durch die Rami communicantes in das Rückenmark.

Die Blasenmuskulatur wird nicht direct willkürlich, sondern reflectorisch erregt.

Nach meiner Auffassung kann die glatte Blasenmusculatur nie direct willkürlich, sondern stets nur durch reflectorische Anregung in Contraction versetzt werden. Wollen wir bei nur schwach gefüllter Blase willkürlich harnen, so erregen wir zuerst die sensiblen Nerven des Harnröhrenanfanges entweder dadurch, dass wir leichte Contractionen des Sphincter uretrae bewirken, oder dadurch, dass wir durch Hilfe der Bauchpresse etwas Harn in die Urethralmündung pressen. Diese sensible Erregung bringt reflectorische Contraction der Blasenwände hervor. Zu gleicher Zeit wird vom intracraniellen Hemmungscentrum des Reflexes des Harnröhrenschliessers die Wirkung dieses willkürlich hintangehalten. Das Centrum für die reflectorische Anregung der Bewegung der Blasenwandung liegt etwas höher im Rückenmarke als das für den Sphincter uretrae: beim Hunde am 4. Lumbarwirbel. (Gianuzzi, Budge).

Da auch Reizung der Gefühlsnerven durch schmerzhafte Erregungen reflectorisch Blasencontractionen bedingt, so hat das Centrum wahrscheinlich grössere Ausdehnung aufwärts, vielleicht bis zum Pedunculus (? Haube). Auch durch das Ggl. mesentericum inferius (Katze) kann reflectorisch Blasencontraction erzielt werden. Nach Durchschneidung aller Blasennerven hat Verblutung und Erstickung durch directe Erregung der Blasenmuskeln noch Contractionen zur Folge. Es ist jedoch bis jetzt nicht gelungen, die Hemmungsorgane des Schliessmuskels im Gehirn künstlich zu erregen (Sokowin u. Kowalewsky).

Der sogenannte M. sphincter vesicae verschliesst die Blase nicht.

Der vorstehenden Darstellung entsprechend bietet die Retention und Entleerung des Harnes analoge Verhältnisse mit der der Faeces (vgl. pag. 289). Es soll noch schliesslich auf folgende Verhältnisse hingewiesen werden: 1. Eine dauernde reflectorische Erregung des Harnröhrenschliessers (tonische Innervation) scheint ebenso zu fehlen, wie an dem Afterschliesser; erst der jedesmalige Andrang des Inhaltes erregt den Reflex. — 2. Wir können dem Sphincter vesicae der Anatomen, der aus glatten Muskelfasern besteht, einen Antheil an dem Blasenverschluss [etwa durch reflectorische tonische Innervation (Heidenhain, Colberg)] nicht zuerkennen, zumal ich mit Budge gesehen, dass nach Wegnahme des quergestreiften Sphincter uretrae eine Reizung jenes musculösen Ringes niemals Blasenverschluss erzeugen konnte. Auch L. Rosenthal und v. Wittich konnten sich von dem Vorhandensein eines Tonus dieses Muskelringes nicht überzeugen. Selbst eine nur unterstützende Betheiligung, wie Kuppressow will, kann ihm nicht zugesprochen werden. — Nachdem schon Sanctorius (1631) sich anatomisch von dem Vorhandensein eines selbstständigen Sphincter vesicae nicht überzeugen konnte, ist dessen Existenz weiterhin entschieden von Barkow und Henle bestritten worden.

Veränderung des Harnes in der Blase.

Der Harn erleidet bei seinem Verweilen in der Blase Veränderungen. Nach Kaupp, der bei gleicher Nahrungsaufnahme den länger oder kürzer in der Blase zurückgehaltenen Harn untersuchte, soll die Retention eine Vermehrung des Kochsalzes, eine Verminderung des Harnstoffes und des Wassers nach sich ziehen. Die Verminderung des letzteren ist bei gleichzeitigem Schwitzen noch viel erheblicher (Wundt). — Treskin injicirte Harn in die Blase (deren Harnleiter unterbunden waren) und fand, dass mit längerem Verweilen Zunahme des Wassers und Kochsalzes, aber Abnahme des Harnstoffes statt-

finde. Küss und Susini bestreiten jedoch einen derartigen Austausch der Harnbestandtheile gegen die des Blutes und der Lymphe, so lange noch das Blasenepithel intact ist. Sehr lange verhaltener Harn verfällt der ammoniakalischen Zersetzung (pg. 489).

Schichtweise Ablagerung des Harnes. Da die Harnleiter mehr gegen den Grund der Blase einmünden, so sind die zuletzt abgesonderten Harnmengen stets die untersten. Unter wechselnden Verhältnissen der Secretion kann sich daher (bei ruhiger Lage) der Harn schichtweise in der Blase lagern, so dass man sogar noch bei der Entleerung die verschiedenen Schichten deutlich erkennen kann (Edlefsen).

Druck in der Blase. In ruhiger Rückenlage ist der Druck in der Blase = 13—15 Ccmtr. Wassersäule. Steigerung des intraabdominalen Druckes (durch Einathmung, actives Ausathmen, Husten, Pressen) steigert natürlich den Druck in der Blase; ebenso wirkt aufrechtes Stehen wegen des Druckes der Eingeweide von oben (Schatz, Dubois).

Schnelligkeit der Harnentleerung. Bei der Harnentleerung ist die ausgetriebene Menge anfangs klein; sie nimmt weiter in gleicher Zeit zu, gegen Ende der Entleerung wieder ab. Bei Männern werden die letzten Partien aus der Harnröhre durch willkürliche Contraction des Bulbocavernosus herausgeschleudert. Erwachsene Hunde acceleriren den Harnstrahl fortwährend rhythmisch durch Wirkung dieses Muskels.

283. Krankhafte Störungen der Harnretention und der Harnentleerung.

Harnverhaltung. Störungen in der Mechanik der Harnretention und Entleerung vermag der Arzt nur an der Hand der mitgetheilten physiologischen Verhältnisse auf ihre Ursache zurückzuführen. Harnverhaltung (Ischurie) findet sich: 1. Bei Unwegsamkeit der Harnröhre (Fremdkörper, Concremente, Stricturen, Prostataschwellungen); — 2. bei Lähmung oder Erschöpfung der Blasenmuskeln (letzteres nach der Entbindung in Folge des Druckes der Kindestheile gegen die Blase); — 3. primär nach Rückenmarksdurchtrennung (siehe oben); — 4. bei Störung des Willensimpulses auf die Hemmung des Harnröhrenschliesser-Reflexes, sowie bei erhöhtem Reflex des Harnröhrensphincters.

Incontinenz. Incontinentia urinae (Stillicidium urinae) tritt auf in Folge von: 1. Lähmung des Harnröhrenschliessers. — 2. Gefühllosigkeit der Harnröhre, wodurch der Reflex des Schliessers fortfallen muss. — 3. Secundär ist Harnträufeln stets Folge von Rückenmarksdurchtrennungen (oder krankhaften Entartungen). — *Strangurie.* Harnzwang (Strangurie) wird als excessiver Reflex der Blasenwände und des Schliessmuskels in Folge von Reizung der Blase und Harnröhre beobachtet (bei Entzündungen, Reizungen, Neuralgien). — Die sogenannte *Enuresis.* Enuresis nocturna (nächtlicher unwillkürlicher Harnfluss) kann Folge gesteigerter Reflexthätigkeit der Blasenwand sein, oder Schwächung des Schliessmuskelreflexes. Ueber den Einfluss des gestörten Willensorganes (zumal bei einseitiger Verletzung (Apoplexie u. dgl.) ist nichts Sicheres bekannt.

284. Vergleichendes — Historisches zur Physiologie der Harnorgane.

Vergleichendes. Bei den Wirbelthieren findet sich vielfach eine Vereinigung der Harn- mit den Generations-Organen vor (mit Ausnahme der Knochenfische). Die in der ersten Embryonalzeit als Excretionsorgan dienende „Urniere“ (Wolff'scher Körper) übernimmt bei Fischen und Amphibien zeitlebens *Pisces.* fortdauernd diese Rolle (Gegenbaur). Die Myxinoiden (Cyclostomen) besitzen die einfachsten Nieren: jederseits einen langen Harnleiter, dem reiheweise kurzgestielte, glomerulihaltige Kapseln aufsitzen. Beide Ureteren münden in den Porus genitalis. Bei den übrigen Fischen liegen die Nieren, oft lang gestreckt, als compactere Massen an beiden Seiten der Wirbelsäule. Die beiden Ureteren vereinigen sich zur Uretra, die stets hinter dem After mündet, entweder mit der Geschlechtsöffnung vereint oder hinter dieser; bei Stören und

Haien bilden After und Uretramündung zusammen eine Cloake. Auch blasenartige Bildungen, welche morphologisch jedoch der Harnblase der Säuger nicht gleichen, kommen bei Fischen vor, entweder an jedem Harnleiter (Roche, Hai), oder an der Vereinigung beider.

Amphibia. Bei den Amphibien gehen die Vasa efferentia der Hoden eine Verbindung mit den Harncanälchen ein; der Hodennierengang tritt (beim Frosche) mit dem der anderen Seite zusammen und beide gehen vereint in die Cloake; während die geräumige Harnblase durch die vordere Wand der Cloake einmündet.

Reptilia. Von den Reptilien aufwärts ist bei allen Vertebraten die Niere nicht mehr die persistirende Urniere, sondern ein neugebildetes Organ. Bei den Reptilien ist sie meist länglich abgeplattet; die Ureteren münden gesondert in die Cloake. Saurier und Schildkröten besitzen eine in die vordere Wand der letzteren mündende Blase. — *Aves.* Bei den Vögeln münden die isolirt bleibenden Harnleiter in den in die Cloake eingehenden Sinus urogenitalis nach Innen von den Ausführungsgängen der Geschlechtsdrüsen. Die Blase fehlt constant. — *Mammalia.* Bei den Säugern bestehen die Nieren oft aus vielen kleinen Läppchen (Renculi), z. B. Seehund, Delphin, Rind.

Wirbellose: Mollusca. Unter den Wirbellosen besitzen die Weichthiere Excretionsorgane in Form von Canälen, welche mit einer äusseren und mit einer in den Leibesraum führenden inneren Oeffnung ausgestattet sind (und mitunter auch als Oviducte functioniren). Bei den Muscheln ist dieser Canal zu einem schwammigen, an der Kiemenbasis liegenden, mit flimmernden Secretionszellen besetzten Organe (Bojanus'sches Organ) aufgelockert, das oft einen grösseren centralen Hohlraum besitzt. Der innere (flimmernde) Ausführungsgang geht in den Pericardialraum, der äussere (mitunter mit den Geschlechtsöffnungen vereinigt) mündet auf der äusseren Körperfläche. — In dem (meist unpaaren) analogen oft contractilen Organ der Schnecken ist Harnsäure nachgewiesen. Das Organ vermag merkwürdiger Weise nicht allein Wasser aus dem Blute abzuscheiden, sondern auch Wasser in dasselbe hineinzuleiten. — Sackartige, in die Mantelhöhle ausmündende, mit Drüsen versehene Excretionsorgane (an den Kiemengefässstämmen liegend) besitzen die Cephalopoden.

Articulata. Insecten, Spinnen und Tausendfüsse haben die sogenannten Malpighi'schen Gefässe, theils als Harnsäure-bereitende Excretionsorgane (theils auch als Gallenorgane). Diese Gefässe sind lange Schläuche, welche in den Anfangstheil des Dickdarms einmünden. Bei den Krebsen haben Blindschläuche des Nahrungsrohres wohl ähnliche Functionen. — *Vermes.* Bei den Plattwürmern sind die Excretionsorgane längsverlaufende Röhren; bei den Bandwürmern 2, durch die ganze Kette sich erstreckend (bei den Taenien an der Grenze der Glieder durch eine breite Verbindung anastomosirend). Bei den Trematoden (Distomum) mündet das ramificirte Organ am hinteren Körperende. Auch bei den meisten Rundwürmern bilden Schläuche, die vereinigt auf einem Porus in der Bauchlinie ausmünden, das Excretionsorgan. — Die Ringelwürmer besitzen fast in allen Körpersegmenten paarig die sogenannten „Schleifencanäle", d. h. Röhren (oft viel verschlungen), die mit einer innern wimpernden Oeffnung in der Bauchhöhle beginnen und aussen auf der ventralen Körperoberfläche mit der äusseren Oeffnung münden. — *Radiata.* Bei den Seeigeln, Seesternen und Medusen ist das Wassergefässsystem zugleich das Excretionsorgan. — *Spongien.* Auch bei den Spongien können die den Körper durchziehenden, Wasser führenden Gänge noch als solche gelten.

Historisches. Aristoteles weist auf die relativ bedeutende Grösse der menschlichen Harnblase hin; er nennt zuerst die Ureteren. — Berengar (1521) sah, als er Wasser in die Nierengefässe spritzte, dieses aus den Papillen hervordringen. — Eustachius († 1570) unterband die Harnleiter und fand darnach die Blase leer. — Cusanus (1565) beschäftigt sich mit der Farbe und dem Gewichte des Harnes. — Rousset (1581) betont die musculöse Natur der Wände der Blase, an denen Sanctorius (1631) keinen besonderen Schliessmuskel erkennen konnte, — dagegen Vesling (1641) bereits das Trigonum (Lieutaudii) (1753) beschreibt. — Den Harnstoff entdeckten Foucroy und Vauquelin und nannten ihn Urée; Berzelius beschreibt die Harnsäure. — Ueber die neueren histologischen, physiologischen und chemischen Untersuchungen ist im Texte berichtet.

Thätigkeit der äusseren Haut.

285. Bau der Haut.

Die äussere Haut setzt sich zusammen aus der Lederhaut (Chorium) und der sie überkleidenden Epidermis.

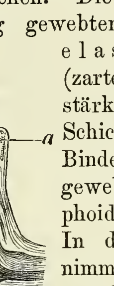
Fig. 103.

Histologie der Haut und der Epidermoidalgebilde.
I Querschnitt durch die Haut mit Haar und Talgdrüse *(T)* (Chorium und Epidermis verjüngt gezeichnet). — 1 äussere, — 2 innere Faserhant des Haarbalges; — 3 Cuticula des Haarbalges; — 4 äussere Wurzelscheide; — 5 Henle's Schicht der inneren Wurzelscheide; — 6 Huxley's Schicht derselben. — *p* Haarwurzel auf der gefässhaltigen Haarpapille befestigt. — *A* Musculus arrector pili; — *C* Chorium; *a* Unterhautfettgewebe; — *b* Hornschicht — *d* Malpighi'sche Schleimschicht der Epidermis; *g* Gefässe der Hautpapillen, *v* Lymphgefässe derselben; — *h* Haarsubstanz, *i* Markcanal, *k* Epidermis des Haares. — *K* Knäueldrüse. — *E* Epidermisschüppchen aus der Hornschicht theils seitlich, theils von der Fläche gesehen. — *R* Riffzellen aus dem Malpighi'schen Stratum; — *n* oberflächliche, *m* tiefe Nagelzellen. — *H* Haar stark vergrössert: *e* Epidermis, *c* Markcanal mit Markzellen, *ff* Faserzellen der Haarsubstanz, — *x* Zellen der Huxley'schen Schicht, — *l* die der Henle'schen Schicht. — *S* Querschnitt einer Knäueldrüse der Achselhöhle, *a* glatte Muskelfasern der Umgebung; — *t* Zellen einer Talgdrüse, theils mit fettreichem Inhalt.

Das Chorium: Papillen.

Das Chorium (Fig. 103 I. C) bildet auf der ganzen Oberfläche zahlreiche Papillen, von denen die grössten an der Volarfläche von Hand und Fuss, sowie an der Brustwarze und an der Eichel angetroffen werden. Die Mehrzahl der Papillen tragen capillare Blutgefässschlingen (g); in beschränkten Hautbezirken finden sich auch sogenannte Tastkörperchen (Fig. 104 a) in denselben vor. Die Papillen stehen auf der Haut gruppenweise auf den kleinen Terrains hervor, welche von den noch makroskopisch sichtbaren zarten Hautfurchen umgrenzt werden; an der Volarfläche von Fuss und Hand der Reihe nach auf den charakteristisch angelegten Cutisleistchen. Die Lederhaut besteht aus einem dichten, überall gleichmässig gewebten (Tomsa) Geflechte elastischer Fasern (zarteren in den Papillen, stärkeren in den tiefen Schichten), denen fibrilläres Bindegewebe (mit Binde gewebskörperchen und Lymphoidzellen) beigemischt ist. In den tiefsten Schichten nimmt letzteres überhand und bildet hier durch Verflechtung seiner Bündel länglich rhombische, meist mit Fettgewebe gefüllte Maschenräume (aa), deren Längsausdehnung der der grössten Spannung der Haut an der betreffenden Körperstelle entspricht (C. Langer).

Fig. 104.



Hautpapillen, ihre Epidermis abgelöst, die Gefässe injicirt: *a* je ein Meissner'sches Körperchen bergende Tastpapillen; die übrigen Gefässpapillen.

Pars reticularis.

Darunter liegt das subcutane Zellgewebe, das jedoch an manchen Stellen (pag. 447) ohne Fettzellen ist. An manchen Punkten heften feste fibröse Bindegewebszüge die Haut an unterliegende Fascien, Bänder oder Knochen (Tenacula cutis); an anderen Stellen zumal über hervorstehenden Knochentheilen finden sich die mit synoviaartiger Flüssigkeit gefüllten Bursae subcutaneae mucosae, deren Wände zum Theil mit Endothel bekleidet sind.

Glatte Muskelfasern finden sich in den obersten Choriumschichten, zumal an den Streckseiten (Neumann), dann aber auch in der Brustwarze, dem Warzenhof, ferner am Präputium, am Damm und in ganz besonderer Mächtigkeit in der Tunica dartos des Scrotums.

Die Epidermis: Schleimschicht,

Die Epidermis ist eine dicke Lage geschichteten (mit Kittsubstanz vereinigten) Pflasterepithels. Die tiefste Schicht, die Schleimschicht (d) (Rete Malpighii) besteht aus mehreren Lagen protoplasmatischer, gekernter, hüllenloser (bei den farbigen Racen, sowie am Scrotum und Anus gefärbten) Riffzellen (vergrössert bei R), (von denen die tiefsten mehr cylindrisch und senkrecht stehend sind) zwischen denen zerstreute lymphoide Wanderzellen angetroffen werden (v. Biesiadecki). Die oberflächlicheren Schichten (b) (Stratum corneum) bestehen aus mehr und mehr flacher werdenden, verhornten,

Hornschicht,

kernlosen, in Natronlauge aufquellenden Epidermisschüppchen (E). Den Uebergang zwischen diesen beiden Schichten bildet eine (zumal an dicker Epidermis deutliche) Lage heller erscheinender Uebergangsformen von Zellen (Stratum lucidum, Oehl, — zwischen b und d). Die obersten Schichten der Epidermis stossen sich fortwährend ab, während aus der Tiefe stets neue Zellenlager, durch Vermehrung der Rete-Zellen hervorgehend, emporrücken. Hierbei nehmen allmählich die emporgehobenen Zellen den mikroskopischen und chemischen Charakter der Hornschicht an.

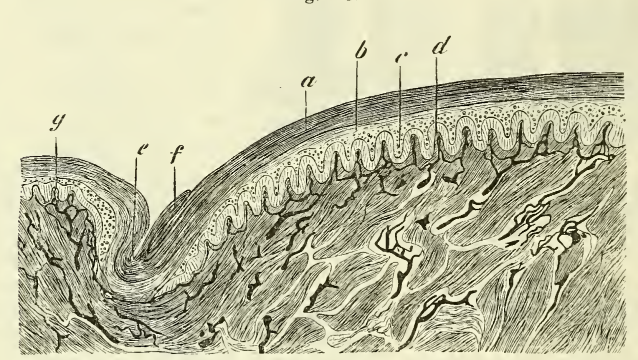
Helle Schicht.

286. Nägel und Haare.

Nägel:

Die Nägel bestehen aus zahlreichen Schichten fest mit einander verbundener, verhornter, stachlicher Epidermiszellen, welche durch Laugen isolirt werden können und zugleich aufquellend einen Kern erkennen lassen (Fig. 103 n m).

Fig. 105.



Querschnitt (der Hälfte) eines Nagels durch das eigentliche Nagelbett nach Biesiadecki. *a* Nagelsubstanz, *b* lockere Hornschichte unter derselben, *c* Schleimschichte, *d* querdurchgeschnittene Nagelleistchen, *e* papillenloser Nagelfalz, *f* die Hornschichte des Nagelfalzes, die über den Nagel sich vorgeschoben, *g* Papillen der Haut des Fingerrückens.

Nagelbett, Nagelfalz,

Die ganze Unterfläche des Nagels ruht auf dem Nagelbette; der hintere und die seitlichen Ränder stecken in vertiefter Rinne, dem Nagelfalze (Fig. 105 e). Das Chorium unter dem Nagel trägt im ganzen Bereiche des Nagelbettes längsgerichtete Reihen (Leisten) von Papillen (Fig. 105 d). Ueber diesen liegt zunächst (gerade wie auf der Haut an anderen Stellen) das vielfach geschichtete Stachel-Zellenlager des Malpighi'schen Schleimnetzes (Fig. 105 c); oberhalb dieser ist der Nagel ausgebreitet, der somit das Stratum corneum des Nagelbettes darstellt (Fig. 105 a). Der hintere Nagelfalz und der halbmondförmige hellere Theil des Nagels (die Lunula) ist die Wurzel des Nagels; sie ist zugleich die Matrix, von welcher das Wachsthum des Nagels ausgeht. Das weissliche Möndchen (auch an isolirten Nägeln vorhanden) beruht auf einer geringeren Durchsichtigkeit dieser hinteren Nagelpartie, welche die Folge ist von der besonderen Dicke und gleichmässigen Ausbreitung der Zellen der Schleimschicht an dieser Stelle (Toldt).

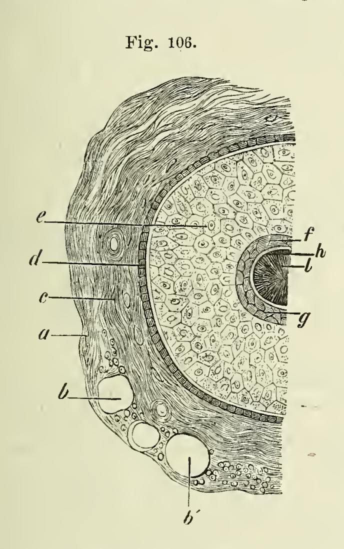
Nagelmatrix.

Wachsthum des Nagels.

Das Wachsthum und die Entwickelung des Nagels ist bis jetzt noch keineswegs völlig aufgeklärt. Nach Unna, der unter Waldeyer arbeitete,

ist die Matrix des Nagels nur durch den Boden (nicht auch durch die Decke) des Falzes (bis zum vorderen Rand der Lunula hin) gegeben. Der Nagel wächst continuirlich von hinten her nach vorn und zwar wird er schichtweise durch Absonderung der Matrix gebildet. Diese Schichten laufen der Matrixfläche (jedoch nicht der Nagelfläche) parallel: sie gehen schräg von oben und hinten nach unten und vorn durch die Dicke der Nagelsubstanz hindurch. Vom vorderen Rande der Lunula ab bis zum freien Rande ist der Nagel gleich dick; es wächst daher der Nagel in diesem Bereiche nicht mehr der Dicke nach, etwa durch Anlagerung neuer verhornter Zellschichten der Schleimschicht an die untere Nagelfläche.

Fig. 106.



Querschnitt des Haares unterhalb des Halses der Haartasche. *a* Aeussere Haarbalgscheide mit *b* Querschnitten von Blutgefässen, *c* innere Haarbalgscheide, *d* Glashaut des Haarbalges, *e* äussere, *fg* innere Wurzelscheide, *f* äussere Schichte derselben (Henle'sche Scheide), *g* innere Schichte derselben (Huxley'sche Scheide), *h* Cuticula, *l* Haar.

Entwickelung des Nagels. In Bezug auf die Entwickelung des Nagels statuirt dieser Forscher folgende Stadien: 1) Im 2. bis 8. Monat des Fötallebens vertritt die Stelle des Nagels eine partielle stärkere Verhornung der Epidermis am Rücken des ersten Fingergliedes: „das Eponychium". *Das Eponychium.* Als Rest desselben während des ganzen Lebens bleibt noch jene normal gebildete Epidermis-Hornschicht bestehen, welche den (später entwickelten, definitiven) Nagel von der Decke des Falzes trennt. 2) Der definitive Nagel entsteht unter dem Eponychium, mit seinen ersten Nagelzellen noch vor dem Nagelfalze; *Der definitive Nagel.* dann schiebt sich der Nagel nach vorn und gegen den Falz hin wachsend vor. Im 7. Monat bedeckt (selbst noch vom Eponychium bedeckt) der eigentliche dünne Nagel bereits die ganze Ausdehnung des Nagelbettes. — 3) Wenn später das Eponychium abblättert, so wird der Nagel enthüllt. Nach der Geburt entstehen auf dem Nagelbette die Papillen, und es rückt gleichzeitig die Matrix bis in den hintersten Theil des Falzes.

Mit Ausnahme der Handfläche, Fusssohle, Dorsalfläche der 3. Phalangen der Finger und Zehen, der Aussenfläche der Lider, der Eichel, innerer Präputialfläche, einem Theil der Labien und dem Lippensaum ist die ganze Haut theils mit grösseren, theils mit kleineren Haaren (Lanugo) besetzt.

Die Haare. **Das Haar** steckt mit seinem unteren Ende (Haarwurzel) in einer Vertiefung der Haut (Haarbalg) (Fig. 103 I p), der sich schräg durch die Dicke derselben, mitunter bis in das Unterhautzellgewebe hinein einsenkt. Man unterscheidet an dem Haarbalg: *Der Haarbalg: äussere,* 1. Die äussere Faserhaut (Fig. 103 1 und Fig. 106 a) aus kernhaltigen vorwiegend lang verlaufenden Bindegewebsbündeln zusammengefügt, in denen sich Gefässe und Nerven verbreiten. — 2. Die *innere Faserhaut,* innere Faserhaut (Fig. 103 2 und Fig. 106 c), welche vornehmlich transversal gerichtete Bindegewebszüge enthält. Gegen die Mündung des Haarbalges hin geht diese Lage in den papillenbildenden Theil der Lederhaut über; im Grunde des Haarbalges bildet sich aus demselben die knopfförmige gefässhaltige *Haarpapille,* Haarpapille (einer Cutispapille vergleichbar), die Matrix des Haares, von welcher das Wachsthum des Haares ausgeht. — 3. Die innerste Schicht des eigentlichen Haarbalges bildet eine *Glashaut.* Glashaut (Fig. 103 3 und Fig. 106 d) (Kölliker), sie endet am Halse der Haarpapille; nach oben führt ihre Verlängerung bis zu der Grenze zwischen Lederhaut und Epidermis. — Ausser *Die Wurzelscheiden:* diesen Schichten kommen dem Haarbalge noch epitheliale Auskleidungen

zu, welche in Beziehung zur Epidermis stehend aufgefasst werden müssen. So erscheint der Glashaut anliegend als eine directe Fortsetzung der Malpighi'schen Schleimschicht zunächst die aus mehreren Lagen weicher Zellen bestehende äussere Wurzelscheide (Fig. 103 4 und Fig. 106 e), deren äusserstes Zellenlager cylindrische Zellen aufweist. Im Grunde des Haarbalges verjüngt sie sich, und ist an ausgewachsenen Haaren von der Wurzel des Haares selbst abgegrenzt. — Die Hornschicht der Epidermis behält, bis zur Einmündungsstelle der Talgdrüsen in den Haarbalg sich einsenkend, ihre Eigenschaften, die sie auf der äusseren Haut besitzt. Unterhalb der Einmündung jedoch macht die Fortsetzung derselben die sogenannte innere Wurzelscheide. Diese besteht 1) aus der der äusseren Wurzelscheide zunächst liegenden einfachen Schicht (Fig. 103 5 und Fig. 106 f) länglicher, platter, homogener, kernloser Zellen (Fig. 103 bei 1 vergrössert) (Henle's Schicht). Nach innen von dieser liegt 2) die aus kernhaltigen mehr länglich polygonalen Zellen (Fig. 103 x) gebildete Huxley'sche Schicht (Fig. 103 6 und Fig. 106 g), und endlich grenzt 3) die Cuticula der inneren Wurzelscheide, eine dem Oberhäutchen des Haares analog geformte Zellschicht, die innere Wurzelscheide gegen das Haar selbst ab. Gegen den Haarknopf hin wird diese dreifache Schichtung verwischt, indem ihre Zellen mit denen des Haarknopfes ohne deutliche Grenze zusammenstossen.

äussere Wurzelscheide, innere Wurzelscheide mit Henle's, und Huxley's Schicht und der Cuticula.

M. arrector pili.

Der M. arrector pili (Fig. 103 A) ist eine flächenartig ausgebreitete Lage glatter Muskelfasern, welche von der äusseren Faserhaut des Haarbalggrundes zur oberen Lage der Lederhaut hinzieht und stets den stumpfen Winkel überspannt, den der schräg gerichtete Haarbalg mit der Hautoberfläche bildet. So muss er bei seiner Contraction das Haar aufrichten („Gänsehaut"). Da in dem besagten Winkel meist eine Talgdrüse liegt, so kann seine Contraction durch Druck eine Entleerung des Talgsecretes befördern (Hesse).

Das Haar mit Mark, Rindensubstanz und Cuticula.

Das Haar, welches mit seinem angeschwollenen untersten Theile, dem Haarknopf, auf der Oberfläche der Haarpapille fest wurzelt, besteht aus drei Bestandtheilen: 1) Der Marksubstanz (Fig. 103 i) (fehlt dem Wollhaar und den Haaren in dem ersten Kindesalter) einer aus 2—3 neben einander liegenden cubischen Zellen aufgebauten centralen Zellenreihe (H. c). — 2) Um diese herum liegt die viel mächtigere Rindenschicht (h), die sich aus den langen, starren, verhornten Haarfasern (H. f f.) zusammensetzt, in denen und zwischen denen die Pigmentkörnchen des Haares liegen; doch findet sich auch daneben mitunter diffuse Tinction der Haarfasern. Letztere zeigen gekocht mit Laugen einen länglichen Kern. — 3) Auf der Oberfläche des Haares liegt die Cuticula (k), bestehend aus dachziegelförmig geschichteten kernlosen Schüppchen (H. e).

Das Ergrauen der Haare.

Das Ergrauen der Haare im Alter beruht auf einer mangelnden Pigmentbildung in der Rindensubstanz. Der Silberglanz des weissen Haares wird noch erhöht, wenn sich namentlich reichlich im Marke, aber auch zerstreut in der Rinde zahlreiche weisse Luftbläschen entwickeln, die das Licht reflectiren. Mitunter entwickelt sich streckenweise in dem wachsenden Haare bald Pigment bald nicht, so dass es dem entsprechend stückweise gefärbt und nicht gefärbt erscheint. — Das plötzliche Ergrauen des Haares (von dem wohlbeglaubigte Mittheilungen vorliegen) fand ich in einem von mir beobachteten Falle, in welchem ein Mann während eines Anfalles von Säuferwahnsinn, in welchem er von schreckhaften Phantasiegebilden gequält wurde, während einer Nacht ergraute, darin begründet, dass sich reichliche Luftbläschen im ganzen Marke der (blonden) Haare, zerstreut auch in der Rindensubstanz entwickelt hatten, während das Haarpigment erhalten war. Diese Luftbläschen verliehen dem Haare den exquisit grauen Schein. — In sehr seltenen Fällen hat man intermittirendes Ergrauen der Haupthaare beobachtet, so dass das Haar in Abständen von etwa 1 Mm. abwechselnd hell und dunkel geringelt war. Ich fand in einem derartigen Falle die hellen Stellen von einer reichlichen Entwickelung kleiner Luftbläschen im Markcanale und dem umgebenden Rindenbezirke herrührend, während das Pigment wohl erhalten war.

Plötzliches und intermittirendes Ergrauen.

Erste Entwickelung der Haare.

Ueber die Entwickelung des Haares hat Kölliker ermittelt, dass zuerst um die 12.—13. Woche von der Epidermis aus sich handschuhfingerförmige Vertiefungen in das Chorion einsenken, welche aussen von einer Glashaut be-

grenzt und im Innern mit gleichartigen weissen Zellen des Malpighi'schen Schleimnetzes angefüllt sind. Indem weiterhin diese Einsenkungen sich nach der Tiefe zu vergrössern und flaschenförmige Gestalt annehmen, erhalten die axial gelagerten Zellen desselben eine mehr längliche Gestalt und bilden einen vom Grunde des Recessus emporstehenden konischen Körper. An letzterem erkennt man weiterhin eine innere dunklere Partie (die Haaranlage) und einen dünnen, hellen, überkleidenden Mantel (die innere Wurzelscheide); die äussersten, der Wand des Säckchens anliegenden Zellen werden zur äusseren Wurzelscheide. Schon früher wächst von unten her gegen die Haarwurzel die Papille empor, während sich zugleich äusserlich die Faserschichten des Haarbalges entwickeln. Weiterhin wächst nun die Spitze des Haares gegen die Hornschicht der Epidermis vor Hier durchbohrt die Spitze desselben die innere Wurzelscheide, die nun sich wie ein Aermel an dem stets weiter hinauswachsenden Haare zurückstreift. In der 19 Woche treten die Haare an Stirn und Braue, in der 23.—25. Woche spriessen die Lanugohaare frei hervor, die an allen Körperstellen eine ganz charakteristische Richtung („Strich") haben, ganz wie bei den Thieren. Nach Kölliker kommen die Kinder nur mit den Lanugohaaren zur Welt.

Von den physikalischen Eigenschaften der Haare ist ihre grosse Elasticität (Dehnung = 0,33 ihrer Länge), bedeutende Cohäsion (Tragkraft 3—5 Loth), ihre grosse Widerstandsfähigkeit gegen Fäulniss, sowie ihr starkes hygroskopisches Vermögen zu betonen. Letzteres besitzen auch die Epidermiszellen, wie das Schmerzen der Clavi und Narben bei feuchtem Wetter beweist.

Wachsthum des Haares.

Das Wachsthum des Haares erfolgt in der Weise, dass auf der Oberfläche der Papille, welche die Matrix des Haares darstellt, sich stets neue, anfangs weiche Zellen bilden durch Zelltheilung. Diese lagern sich auf die untere Fläche des Haarknopfes, nehmen den verschiedenen Theilen des Haares, denen sie sich anschliessen, entsprechend die charakteristische Gestalt an und verhornen schliesslich. So hebt jede neugebildete Schicht das Haar höher aus dem Balge hervor.

Der Haarwechsel.

Ueber den Haarwechsel liegen keineswegs übereinstimmende Angaben vor, vielmehr trifft man auf theilweise völlig diametral entgegengesetzte Anschauungen.

Nach der einen Anschauung wird, nachdem das Haar seine typische Länge erhalten hat, der Bildungsprocess auf der Oberfläche der Haarpapille unterbrochen: der Haarknopf hebt sich von der Papille ab, er verhornt, bleibt meist pigmentlos, und er wird schliesslich mehr und mehr von der Papillenoberfläche emporgezogen, während sein kolbiges unteres Ende sich besenförmig ausfasert. Der untere somit leer gewordene Theil des Haarbalges verschmälert sich und auf der alten Papille kommt es alsbald durch erneute Bildungsvorgänge zur Bildung eines Ersatzhaares, während alsbald das alte losgelöste ausfällt (Kölliker, C. Langer). — Abweichend hiervon lässt Stieda die Papille des alten Haares zu Grunde gehen, während sich in dem Haarbalge eine neue bilden soll, von deren Oberfläche hervor aus den Zellen der äusseren Wurzelscheide der Aufbau des neuen Haares erfolge.

„Schalthaare" und „Beethaare".

Götte beschreibt, dass sich ausser demjenigen Haare, welches auf der Papille wächst, in demselben Haarbalge noch ausserdem aus den Zellen der äusseren Wurzelscheide andere Haare erzeugen können, sogenannte „Schalthaare", welche aus demselben Haarbalge frei hervorwachsen. — In völlig abweichender Weise hat Unna das Wachsthum und den Wechsel der Haare dargestellt. Er glaubt, dass jedes Haar zunächst eine Zeit lang von der Oberfläche der Papille emporwachse. Dann lockert es sich von hier und wird nun als „Beethaar" mit seinem besenförmig aufgefaserten unteren Knopfe auf's Neue seitlich ungefähr in der Mitte des Haarbalges auf der äusseren Wurzelscheide desselben transplantirt, und wächst von hier weiter. Die frei gewordene Papille kann ein neues Haar erzeugen, das sogar an dem Beethaar vorbeizuwachsen vermag, bis letzteres endlich ausfällt. Es bilden sich aber auch vom Haarbalge aus seitlich neue Recessus mit neuen Papillen im Grunde, von deren Oberfläche neue Haare emporschiessen können. — v. Ebner schliesst sich wieder den Forschern an, die das neue Haar im alten Balge und auf

der alten Papille entstehen lassen. Mit der Ausstossung des alten Haares rückt aber die Papille bis zur halben Tiefe des Balges empor und senkt sich erst wieder, wenn das neue Haar sich im Wachsthum verlängert. [Die emporsteigende Papille zieht unter sich die Haarbalghüllen stielartig mit empor (Wertheim's Haarstengel).]

Die Angabe endlich, dass sich auch noch beim Erwachsenen Haare neubilden können, wie beim Fötus von der äusseren Epidermis aus (Wertheim, Hesse) stellt v. Ebner ebenfalls in Abrede.

287. Die Drüsen der Haut.

Die Haarbalgdrüsen.

Die Haarbalgdrüsen (Fig. 103 I. T) (Talgdrüsen), einfache acinöse Drüsen, münden bei grösseren Haaren seitlich zu 2 (1—3) in den Haarbalg, bei kleineren Haaren ragen letztere durch den Ausführungsgang der Drüse frei, hervor (Fig. 107); nicht zu Haarbälgen in Beziehung stehen die an den Labia minora, Glans, Präputium (Tyson'sche Drüsen), dem rothen Lippensaume. Die grössten finden sich an der Nase und den Labien; völlig fehlen sie nur der Vola manus und Planta pedis.

Fig. 107.

Talgdrüse mit einem Lanugohärchen. *a* Drüsen-Epithel, *b* Rete Malpighii, in das Drüsen-Epithel sich fortsetzend, *c* fetthaltige Zellen und freies Fett als Drüseninhalt, *d* Acini, *e* Wurzelscheide mit dem Haare.

Die Drüsen enthalten mehr polyedrische oder flach-rundliche, kernhaltige Secretionszellen (Fig. 103 t), die zum Theil reichlich mit Fetttröpfchen erfüllt erscheinen, die sie ähnlich wie die Milchdrüsen zu secerniren scheinen (vgl. pg. 419, 420). Die gestaltgebende Membran der Drüsenbläschen ist eine structurlose Glashaut.

Die Knäueldrüsen.

Die Knäueldrüsen (Fig. 103 I. K) (auch Schweissdrüsen genannt) bestehen aus einem darmartigen langen blindgeschlossenen Schlauche, dessen Ende knäuelartig aufgewickelt im Zellgewebe unter der Haut liegt, während das etwas schmälere Ausführungsende korkzieherartig Chorium und Epidermis durchbohrt (im Bilde verkürzt gezeichnet). Zahlreich und gross sind sie in der Vola, Planta und Axilla, spärlich am Dorsum des Rumpfes; sie fehlen an Glans, Präputium und Lippenrand. Als Modificationen sind die Circumanaldrüsen (Gray), die Ohrenschmalzdrüsen (Gl. ceruminosae) und Moll's Lidrandsdrüsen (die in den Haarbalg einer Cilie münden) zu bezeichnen.

Der Drüsenschlauch trägt innerhalb des Knäuels bei den kleineren ein einschichtiges gekerntes Platten-, bei den grösseren ein Cylinderepithel (Fig. 103 S); die Membrana propria ist structurlos ringsum mit zarten Bindegewebsfibrillen umsponnen; glatte Muskelfasern (Kölliker) finden sich längsverlaufend namentlich an den grösseren Drüsen (Fig. 103 S. a). Der (muskellose) ausführende Gang (Schweisscanal) ist von einem geschichteten Epithel platterer Zellen belegt, deren Fläche einen dicken Cuticularsaum besitzen. Innerhalb der Epidermis verläuft der Canal ohne selbstständige Membran intercellular zwischen den Epidermiszellen (Heynold). Ein Netzwerk von Capillaren

umspinnt das Knäuel. Bevor die Gefässe capillar werden, bilden die Arterien ein das Knäuel umgebendes wahres Wundernetz (Brücke). Es ist dies eine sehr bemerkenswerthe Uebereinstimmung mit der Bildung des gleichfalls als Wundernetz aufzufassenden Glomerulus in der Malpighi'schen Kapsel der Niere (vgl. pg. 468). Endlich tritt noch ein reiches Nervengeflecht (Tomsa) zu den Drüsen hin.

Die Gesammtzahl aller Knäueldrüsen mag fast $2^1/_2$ Millionen betragen (Krause sen.), denen eine secretorische Flächenausbreitung von annähernd 40.000 □ Zoll gleichkommt. — Rücksichtlich ihrer Function ist festzuhalten, dass sie Schweiss absondern. Doch wird ihrem Secret (vielleicht aus besonderen Zellen?) ein öliges Fett beigemischt, welches bei Thieren (Hufdrüsen des Strahles des Pferdes, Drüsen an den Sohlen des Hundes und der Vögel) ganz vorwiegend zur Abscheidung kommt. — Meissner schrieb den Knäueldrüsen nur eine Fettabsonderung zu.

Lymphgefässe

Röhren- und maschenförmige klappenlose Lymphgefässe (Fig. 103 I. v) finden sich in der Cutis, zum Theil blind endigend in den Papillen. Netzförmig angelegt sah Neumann sie um die Haarbälge und ihre Drüsen herum. Im subcutanen Gewebe trifft man ein gröberes Netzwerk dickerer Lymphgefässstämme.

und Blutgefässe der Haut.

Die Blutgefässe treten hauptsächlich in zwei Lagen auf, nämlich in einer oberflächlichen Schicht, aus denen die Schlingen für die Hautpapillen hervorgehen, und in einer tiefen subcutanen Schicht. Beide Gefässgebiete anastomosiren durch Ausläufer (Tomsa). Ausserdem sind die Drüsen der Haut von einem Maschenwerk von Gefässen überkleidet.

288. Bedeutung der Haut als äussere Bedeckung.

Das Fettpolster

Dem Unterhautfettgewebe kommt zunächst die Aufgabe zu, die Vertiefungen zwischen den Körpertheilen zu füllen, sowie die hervorragenden Theile zu überwölben, so dass also hierdurch die dem Auge wohlthuende abgerundete Fülle der Körperformen entsteht. Das Fettgewebe schützt aber auch als weiches elastisches Polster vor zu hohem Druck (Fusssohle, Hohlhand, Gesäss), und hüllt vielfältig edlere, leicht verletzliche Theile mit seinem Gewebe ein (z. B. Gefässe und Nerven der Axilla, der Inguinalbeuge und Kniekehle). — Als schlechter Wärmeleiter schützt das subcutane Fett den Körper vor zu erheblichen Wärmeabgaben (pg. 401); ebenso wirkt aber auch die Lederhaut und die Epidermis (pg. 392). Wie zu erwarten war, fand Klug, dass die Wärmeleitung durch Haut und Unterhautfettgewebe schlechter war, als durch die Haut allein; nach ihm leitet ferner die Epidermis noch schlechter als das Fett und als das Chorium.

als Schutzorgan, als schlechter Wärmeleiter.

Schutz der Lederhaut und der Epidermis.

Schutz gegen äussere mechanische Insulte vermag die feste, elastische, leicht verschiebbare Lederhaut zu leisten; sie wird unterstützt von der Epidermis, deren trockenes, impermeables, horniges Gewebe ohne Nerven und Gefässe auch noch als Schutz gegen benetzende Gifte besonders geeignet ist, und selbst thermischen und chemischen Einwirkungen nicht unerheblich widerstehen kann. Ein dünner Talgüberzug schützt die freie Fläche der Epidermis vor der Maceration der benetzenden Flüssigkeiten und vor der zersetzenden Einwirkung der

Luft. — Das Epidermislager ist ferner für die Säfteökonomie des Körpers wichtig. Es übt auf die Hautcapillaren einen Druck aus und verhütet so eine zu ergiebige Saftabgabe aus den Hautgefässen. Hautstellen, die ihrer Epidermis beraubt sind, erscheinen daher geröthet und sie „nässen". Grosse nässende Hautflächen vermögen durch Eiweissverluste den Ernährungszustand des Körpers erheblich zu schwächen. — Die Epidermis und die Epidermoidalgebilde sind weiterhin trocken schlechte Leiter der Elektricität. — Endlich lässt sich behaupten, dass das Bestehen unverletzter Epidermis benachbarte Theile vor Verwachsungen schützt.

289. Die Hautsecretion. Die Hautathmung. Der Hauttalg.

Die absondernde Thätigkeit der äusseren Haut, deren Grösse über 1½ □Meter beträgt, umfasst: 1. Die respiratorische Ausscheidung, — 2. die Absonderung des Hautfettes, und — 3. die Ausscheidung des Schweisses.

Hautathmung.

1. **Die Hautathmung** ist bereits (pg. 249) besprochen worden. Die Organe der Hautathmung sind jedenfalls die mit Feuchtigkeit getränkten, mit reichen Capillaren umsponnenen Schläuche der Knäueldrüsen. — Ob die Haut auch etwas N abgibt oder Ammoniak, ist noch ungewiss (vgl. pg. 240. 4. und 241. 8). Röhrig stellte Versuche an einem in einem Blechkasten luftdicht eingebrachten Arme an. Nach ihm ist die CO_2- und H_2O-Abgabe gewissen Tagesschwankungen unterworfen; sie steigt bei der Verdauung, bei höherer Temperatur der Umgebung, ferner nach Anwendung von Hautreizen, endlich bei Behinderung der Lungenathmung. Der Gaswechsel richtet sich auch nach dem individuellen Blutreichthum des Hautterrains und für die O-Aufnahme auch nach dem Reichthum des Blutes an rothen Blutkörperchen.

Unterdrückte Hautthätigkeit.

Bei Fröschen und anderen Amphibien mit dünner, stets durchfeuchteter Epidermis ist die Hautathmung viel erheblicher als bei Warmblütern. Bei Winterfröschen lieferte die Haut allein ¾ der gesammten abgesonderten CO_2, bei Sommerfröschen ⅔ derselben (Bidder); sie ist also ein wichtigeres Athmungsorgan als die Lungen selbst. Die Unterdrückung der Hautthätigkeit (durch Ueberfirnissen oder Eintauchen in Oel) hat daher Erstickungstod zur Folge (noch schneller als die Unterbindung der Lungen). Bei Warmblütern sahen Regnault und Reiset hierbei zuerst keine Abnahme des gesammten Gaswechsels. Bei diesen compensirt wahrscheinlich eine vermehrte Athmungsthätigkeit der Lungen den Ausfall der respiratorischen Thätigkeit der Haut.

Tod nach Ueberfirnissen der Haut bei Warmblütern.

Wie bereits (pag. 414) auseinandergesetzt ist, erfolgt der Tod bei Warmblütern nach Ueberfirnissen der Haut (Fourcault, Becquerel, Breschet), wahrscheinlich wegen zu grossen Wärmeverlustes. Denn auch die Bildung von krystallisirter phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia im Hautgewebe so behandelter Thiere (Edenhuizen), ferner Blutüberfüllung innerer Organe und seröse Ergüsse vermögen den eintretenden Tod allein nicht zu erklären. Ebensowenig wird man das Zurückhalten der flüchtigen im Schweisse

sich findenden Säuren für die Todesursache ansprechen können. Kräftige Thiere verenden später, als schwache, Pferde erst nach mehreren Tagen (Gerlach) unter Zittern und Abmagerung. Je grösser eine Hautstelle ist, die nicht mitlackirt ist, um so später erfolgt der Tod; Kaninchen sterben schon nach Ueberfirnissen von $^1/_8$ ihrer Hautfläche. Nach totalem Ueberzug der Haut sinkt sofort die Temperatur (bis 19°); — Puls und Athmung wechseln: meist sinken auch sie; bei beschränkter Lackirung sah man gesteigerte Respirationsfrequenz.

Der Hauttalg.

2. **Der Hauttalg.** Das von den Haarbalgdrüsen abgesonderte Fett ist bei seiner Entleerung flüssig, wird aber bereits innerhalb des Ausführungsganges der Drüse stagnirend zu einer weissen talgigen Masse, die sich (zumal an den Nasenflügeln) auf Druck wurstförmig entleert (sogenannte Comedonen). Es hat die Aufgabe, die Epidermis und Haare geschmeidig zu erhalten und die Haut vor zu starker Eintrocknung zu schützen. — Mikroskopisch enthält das Secret zahllose Fettkörnchen, einzelne (nach Natronzusatz sichtbare), fettgefüllte Drüsenzellen, mitunter Cholesterinkrystalle und fast bei allen Menschen mikroskopische milbenähnliche Thiere (Demodex folliculorum). (Epidermisschüppchen und zarte Wollhaare sind zufällige Verunreinigungen.)

Mikroskopische,

Chemische Bestandtheile.

Die chemische Untersuchung weist vorwiegend Fette nach, vornehmlich Oleïn, daneben Fettseifen und etwas Cholesterin; ausserdem wenig Albumin und unbekannte Extractivstoffe. Unter den anorganischen Bestandtheilen überwiegen die unlöslichen phosphorsauren Erden; die Chloralkalien und phosphorsauren Alkalien treten zurück.

Vernix caseosa. Smegma

Die Vernix caseosa, welche die Haut des Neugeborenen überzieht, ist ein schmieriges Gemisch von Hauttalg und macerirten Epidermiszellen (enthaltend 47,5% Fett); ein ähnliches Product ist das Smegma praeputii (52,8% Fett), in welchem eine Ammoniakseife vorkommt.

Castoreum.

Das Castoreum (Bibergeil) ist das Secret des Präputiums bei beiden Geschlechtern des Bibers; es ist durch seinen Geruch ausgezeichnet, und enthält viel harzartige Körper, (? Phenyloxyd), Benzoësäure, Salicin, Harnsäure (und ? Hippursäure), ausserdem Fett, Cholesterin, ätherisches Oel, Epidermiszellen, Albumin und unter den Salzen vorwiegend Calciumsulfat.

Secret der Ohrenschmalz- und Meibom'schen Drüsen.

Das Ohrenschmalz ist ein Gemisch des Secretes der den Knäueldrüsen ähnlichen Ohrenschmalzdrüsen und des der Haarbalgdrüsen des Gehörganges. Es enthält ausser den Bestandtheilen des Hautfettes gelbe oder bräunliche Krümel, einen bitteren gelben Extractivstoff, der aus den Ohrenschmalzdrüsen stammt und ein besonderes Fett (Berzelius). — Das Secret der Meibom'schen Drüsen ist Hauttalg.

Perspiratio sensibilis et insensibilis.

3. **Der Schweiss.** Der Schweiss muss als ein Excret der Knäueldrüsen betrachtet werden. So lange sich die Schweissabsonderung in geringen Grenzen bewegt, verdunstet das secernirte Wasser mit dem flüchtigen Bestandtheile sofort von der Hautoberfläche; sobald jedoch die Absonderung zunimmt, oder die Verdunstung inhibirt ist, tritt der Schweiss perlend aus den Mündungen der Schweissdrüsen hervor. Ersteres hat man Perspiratio insensibilis, letzteres Perspiratio sensibilis genannt.

Schweissgewinnung.

Man erhält Schweiss vom Menschen am reichlichsten, wenn letzterer im Dampfbade bei hoher Temperatur in einer Metallwanne liegt, in welche das

Hautsecret niedertrieft. So sammelte Favre in $1^1/_2$ Stunden 2560 Gr. Schweiss. — Bequem ist auch die partielle Schweissgewinnung vom Arme, den man in ein Cylinderglas steckt, das durch Gummibinden um den Arm gedichtet ist (Schottin).

Mikroskopische und chemische Bestandtheile:

Mikroskopisch enthält der Schweiss nur abgestossene, zufällig beigemengte Epidermisschüppchen (etwas über 0,2%) und feine Fettkörnchen aus den Hautdrüsen. Der Schweiss reagirt alkalisch. Man fand ihn jedoch wegen Beimengung von Fettsäuren aus zersetztem Hauttalg oft sauer, doch soll seine Reaction bei profuser Absonderung dann zunächst neutral und endlich wieder alkalisch werden. Der Schweiss erscheint farblos, leicht getrübt, von salzigem Geschmack und einem von flüchtigen Fettsäuren herrührenden, an den verschiedenen Körpertheilen verschiedenen Geruche. — Die Bestandtheile sind Wasser, das namentlich nach reichem Wassergenusse merklich zunimmt. Die festen Stoffe fand Funke im Mittel 1,180% (0,696—2,559%), unter ihnen betrugen die organischen 0,962%, die anorganischen 0,329% im Mittel.

Organische B.

Unter den organischen Bestandtheilen sind zu nennen etwas neutrale Fette (Palmitin, Stearin); auch im Schweisse der Hohlhand, die keine Talgdrüsen enthält (Krause); daneben Cholesterin, flüchtige Fettsäuren (zumeist Ameisensäure neben Essig-, Butter-, Propion-, Capron-, Caprinsäure), wohl an verschiedenen Körperstellen qualitativ und quantitativ wechselnd. Sie sind in den zuerst abgesonderten (saureren) Mengen am reichlichsten. — Ferner finden sich Spuren Eiweiss (dem Caseïn ähnlich), Harnstoff (Funke, Picard) über 0,1%. Im urämischen Zustande (Anurie bei Cholera) fand man den Harnstoff sogar auf der Haut reichlich auskrystallisirt (Schottin, Drasche). Bedeutende Steigerung der Schweisssecretion vermindert bei Gesunden und Urämischen die Harnstoffmenge im Harne (Leube). [Die von Favre beschriebene N-haltige „Schweisssäure“ (Hidrotsäure), sowie das Vorkommen von Milchsäure, ferner von Leucin und Tyrosin im Schweisse ist fraglich.] Unbekannt ist der rothgelbe Farbstoff, den Alkohol aus Schweissrückstand extrahirt und den Oxalsäure grün färbt.

Anorganische B.

— Unter den anorganischen Stoffen überwiegen die leichtlöslichen die schwerlöslichen; sie sollen sich verhalten wie 1 : 17 (Schottin). Man fand Kochsalz 0,2, Chlorkalium 0,02, schwefelsaure Salze 0,01 pro mille, neben Spuren von phosphorsauren Erden und phosphorsaurem Natrium. Von Gasen enthält der Schweiss CO_2 absorbirt neben etwas N. Als Zersetzungsproducte nach Einwirkung der Luft bilden sich aus dem Harnstoffe Ammoniaksalze im Schweisse.

In den Schweiss übergehende Stoffe.

Von einverleibten Stoffen finden sich im Schweisse wieder: leicht Benzoësäure (nach H. Meissner daneben auch Hippursäure nach Benzoësäuregenuss), Zimmtsäure, Weinsteinsäure, Bernsteinsäure; schwerer Chinin und Jodkalium. Man fand auch Quecksilberchlorid, ferner arsensaures Natron und Kali; nach dem Einnehmen von arsenigsaurem Eisen wird Eisen im Harne, arsenige Säure im Schweisse gefunden.

290. Einflüsse auf die Schweissabsonderung; Nerventhätigkeit.

Einflüsse auf die Schweiss-secretion.

Die Absonderung der Haut, welche im Mittel gegen $^1/_{64}$ des Körpergewichtes (das Doppelte der Lungenausscheidung) beträgt, kann unter verschiedenen Einflüssen vermehrt und beschränkt werden. Die Disposition zum Schwitzen ist bei verschiedenen Individuen sehr verschieden. Unter diesen Einflüssen sind bekannt: 1. Erhöhte Temperatur der Umgebung bringt starke Röthung der Haut und profuse Schweissabsonderung hervor (vgl. pag. 398. II. 1.). — 2. Starker Wassergehalt des Blutes, zumal nach Aufnahme reichlichen warmen Getränkes, vermehrt den Schweiss. — 3. Lebhafte Thätigkeit des Herzens und der Gefässe, durch welche der Blutdruck in den Capillaren der Haut erhöht wird, wirkt ebenso; hierher gehört auch der vermehrte Schweiss in Folge starker Muskelthätigkeit. — 4. Gewisse Mittel: Diaphoretica, befördern das Schwitzen, wie Pilocarpin, Opium, Morphium, Ammoniakverbindungen; andere, wie Atropin, beschränken dasselbe. — 5. Besonders beachtenswerth ist der Antagonismus, in welchem die Schweisssecretion wohl aus vorwiegend mechanischen Gründen zur Harnsecretion und den Darmausleerungen steht, insofern reichliches Harnen (z. B. bei Diabetes) und dünne Stühle mit Trockenheit der Haut einhergehen (Theophrast).

Wird die Schweissmenge vermehrt, so nimmt der Gehalt an Salzen, Harnstoff (Funke), sowie an Albumin (Leube) in demselben procentisch zu, während die übrigen organischen Stoffe abnehmen. Je gesättigter die Luft mit Wasserdämpfen ist, um so eher wird die Secretion tropfbar flüssig, während in trockener und viel bewegter Luft wegen der schnellen Verdunstung es später zur flüssigen Secretion kommt.

Nerven-Einfluss.

Rücksichtlich des Nerveneinflusses auf die Schweissabsonderung scheint eine verschiedene Wirkung constatirt werden zu können.

Die Gefäss-nerven.

I. Wirkung der Gefässnerven. Erregung der gefässerweiternden und Lähmung der gefässverengernden Nerven scheinen vermehrte Schweisssecretion nach sich ziehen zu können. Hieher gehören die folgenden Beobachtungen:

a) Halbseitiges Schwitzen am Halse des Pferdes nach Durchschneidung des Halssympathicus (Dupuy).

b) Percutane Galvanisation des Halssympathicus beim Menschen bewirkt (je nach der Stärke des Reizes?) entweder Beschränkung des Schwitzens (Nitzelnadel), oder Vermehrung desselben an derselben Seite des Gesichtes und am Arm (M. Meyer).

Die Schweiss-nerven.

II. Unabhängig von der Circulation beherrschen selbstständig wirkende „Schweissnerven" die Secretion der

Hautflächen. Reizung des betreffenden Nervenstammes bewirkt nämlich noch dann (vorübergehende) Schweisssecretion, wenn die Extremität vorher amputirt war, also die Circulation nicht mehr bestand (Goltz, Kendall, Luchsinger, Ostroumow). Im intacten Körper scheint allerdings die profusere Schweissabsonderung stets mit gleichzeitiger Gefässerweiterung einherzugehen (wie bei Speichelabsonderung nach Facialisreizung; pag. 267); ebenso scheinen die Schweissfasern und die Gefässnerven in denselben Bahnen zu verlaufen. Für die Hinterextremität (der Katze) liegen sie im N. ischiadicus. Luchsinger konnte 1/2 Stunde hindurch durch Reizung des peripheren Stumpfes immer neue Schweissabsonderung erzielen, wenn stets die Pfote wieder abgetrocknet wurde. Atropin vernichtet diese Nerventhätigkeit. Bringt man eine junge Katze, welcher der N. ischiadicus einer Seite durchschnitten ist, in einen mit heisser Luft erfüllten Raum, so schwitzen alsbald die drei intacten Beine, nicht das mit durchschnittenem Nerv, letzteres selbst dann nicht, wenn durch Unterbindung der Venen hochgradige Blutüberfüllung des Beines erzeugt wird. Vom N. ischiadicus verlaufen die Schweissfasern zum Theil direct zum Rückenmark (Vulpian), zum Theil in den Bauchgrenzstrang des Sympathicus, um durch dessen Rami communicantes durch die vorderen Wurzeln in das obere Lenden- und untere Brustmark (9—13. Brustwirbel der Katze) zu gelangen, wo das Centrum für die Schweisssecretion der hinteren Extremitäten liegen soll.

Centrum der Schweissnerven.

Dieses letztere kann direct erregt werden: — 1. durch stark venöse Blutmischung, also durch dyspnoetische Erregung; — 2. durch überheisses Blut (45° C.), welches dasselbe durchströmt; — 3. durch gewisse Gifte, namentlich das Nicotin. — Reflectorisch, allerdings mit wechselndem Erfolge, gelingt die Anregung dieses Centrums durch Reizung des N. cruralis und peroneus derselben, sowie des Ischiadicus der anderen Seite (Luchsinger).

Im Ulnaris und Medianus verlaufen die Schweissfasern für die Vorderpfoten der Katze; diese treten zum Theil von dort in den Bruststrang des Sympathicus (Ggl. stellatum) (Nawrocki, Luchsinger), zum Theil laufen sie aber in den Spinalwurzeln direct zum Rückenmarke (Vulpian).

In der unteren Hälfte des Halsmarkes liegt eine analoge centrale Stelle für die Vorderbeine. Reizung des centralen Stumpfes des Plexus brachialis macht die Pfote der anderen Seite reflectorisch schwitzen (Adamkiewicz). Hierdurch schwitzen zugleich auch die Hinterpfoten.

Zweifellos muss noch eine directe Einwirkung des Grosshirns entweder auf die Gefässnerven (I) oder die Schweissfasern (II) stattfinden, wofür das Schwitzen bei psychischen Erregungen (Angstschweiss etc., Theophrast) zeugt.

Nach Adamkiewicz schwitzen bei Reizung der Medulla oblongata alle 4 Pfoten der Katze, selbst noch $^3/_4$ Stunden nach dem Tode.

III. Nervenfasern, welche zu den glatten Muskelfasern der Schweissdrüsen verlaufen (die kleineren entbehren derselben), werden auf die Entleerung des Secretes einwirken. *Nerven der Schweissdrüsen-Muskeln.*

Reizt man beim Menschen einen motorischen Nerven (Tibialis, Medianus, Facialis), so tritt im Gebiet der thätigen Musculatur und in dem correspondirenden Gebiete der nicht gereizten Körperhälfte Schweiss hervor, und zwar sowohl bei freiem, als auch bei unterdrücktem Kreislaufe. — Bei sensibler und Wärmereizung der Haut tritt ebenfalls reflectorisch, unabhängig vom Kreislauf, Schweiss stets beiderseitig hervor. Der Ort des Schwitzens ist unabhängig von dem Orte des Hautreizes (Adamkiewicz). Bei mir selber tritt sofort kalter Schweiss in der Stirn hervor, sobald ich mit scharfem Essig die Mundschleimhaut reize. *Versuche am Menschen.*

291. Pathologische Abweichungen der Schweiss- und Talgsecretion.

1. Verminderung der Schweisssecretion (Anidrosis) findet sich bei Diabetes und Krebskachexie, ferner neben anderen Ernährungsstörungen der Haut bei manchen Nervenkrankheiten, z. B. der Dementia paralytica; an beschränkten Hautstellen sah man sie als Theilerscheinungen gewisser Trophoneurosen, z. B. bei einseitiger Gesichtsatrophie und an gelähmten Theilen. In manchen dieser Fälle kann es sich um Lähmung der betreffenden Nerven handeln (Eulenburg). Sehr interessant ist die Beobachtung Rombergs, welcher die Schweisssecretion an einer aus der Stirnhaut gebildeten Nase total so lange stocken sah, bis die Sensibilität darin zurückgekehrt war. *Anidrosis.*

2. Vermehrung der Schweisssecretion (Hyperidrosis) findet sich zum Theil bei leicht erregbaren Personen in Folge der Irritation der in Betracht kommenden Nerven (oben I und II). Hierher gehören die Schweisse in Schwächezuständen und bei Hysterischen (zumal an Kopf und Händen) und die anfallsweise auftretenden sogenannten epileptoiden Schweisse (Eulenburg). — Besonders merkwürdig ist noch das vermehrte einseitige Schwitzen zumal am Kopfe (Hyperidrosis unilateralis). Man sah dasselbe gleichzeitig mit anderen Nervenleiden auftreten, zum Theil unter den Zeichen der Halssympathicuslähmung (Röthung der Gesichtshälfte, enge Pupille), zum Theil der Halssympathicusreizung (weite Pupille, Exophthalmus (Guttmann). Aber auch ohne anderweitige Zeichen einer Sympathicusaffection hat man einseitiges Schwitzen beobachtet, vielleicht als Reizerscheinung der eigentlichen Schweissfasern. *Hyperidrosis.*

3. Qualitative Veränderungen der Schweisssecretion (Paridrosis). Hierher gehören die seltenen Fälle von Blutschwitzen (Hämatohidrosis, Th. Bartholinus 1654), (auch einseitig), bei denen mitunter der blutige Austritt aus den Hautporen vicariirend für die fehlende Menstruation einzutreten scheint (Hebra). Oefter handelt es sich jedoch um Theilerscheinung schwerer Nervenleiden, zumal krampfhafter Anfälle: in den rothen hervorperlenden Schweisstropfen fand man Blutkörperchen, selten Blutkrystalle. Auch das gelbe Fieber begleiten zuweilen blutige Schweisse. — Gallenfarbstoff fand man im Schweisse Icterischer; bläulichschwarze Färbung, ferner blaue durch Indigo (Bizio), durch Pyocyanin (den seltenen blauen Farbstoff des Eiters), oder durch phosphorsaures Eisenoxydul (Collmann) gehören zu den allergrössten Seltenheiten. Derartige farbige Schweisse werden als Chromidrosis bezeichnet. *Paridrosis.*

Traubenzucker fand man bei der Zuckerharnruhr im Schweisse (Nasse, Röhrig); selten fand man auch Harnsäure (bei Steinkranken). —

In stinkenden Fussschweissen findet sich Leucin, Tyrosin, Baldriansäure und Ammoniak. Nur durch consequente peinlichste Reinlichkeit sind diese zu beseitigen; den Fussbädern setze man Salicylsäure oder übermangansaures Kalium zu. Riechende Schweissabsonderung wird als Osmidrosis, stinkende als Bromidrosis bezeichnet.

Im Schweissstadium des Wechselfiebers fand man viel buttersauren Kalk; der klebrige Schweiss bei acutem Gelenkrheumatismus soll mehr Albumin enthalten (Anselmino).

Abnorme Talgabsonderung. In Bezug auf Abnormitäten der Hauttalgabsonderung ist zu erwähnen die pathologisch gesteigerte Absonderung (Seborrhoea), die entweder nur local, oder auf der ganzen Haut verbreitet vorkommt. — Die verminderte Talgabscheidung (Asteatosis cutis) bedingt, theils local, theils ausgebreitet, vielfach spröde, rauhe Haut. Verstopfen sich die Ausführungsgänge der Talgdrüsen, so sammelt sich der Talg an, theils in geringerer, theils in grösserer Menge.

292. Resorption der Haut. — Galvanische Durchleitung.

Wässerige Lösungen. Nach längerem Verweilen im Wasser durchfeuchten sich die oberen Schichten der Epidermis und quellen auf. — Dahingegen kann es nach zahlreichen Untersuchungen vieler Forscher als feststehend betrachtet werden, dass aus wässerigen Lösungen (Bädern) die Haut keine Substanzen zu resorbiren vermag, weder Salze, noch pflanzliche Gifte. Dieses Unvermögen wässeriger Lösungen, die Haut zu durchdringen, beruht in dem normalen Fettgehalt der Epidermis und der Hautporen. *Hautfettlösende Substanzen.* Werden daher Substanzen in solchen Flüssigkeiten gelöst auf die Haut applicirt, welche den Hauttalg lösen und extrahiren, wie Alkohol, Aether und namentlich Chloroform, so kann die Resorption durch die Haut schon nach wenigen Minuten erfolgen (Parisot). Auch aus einfach aufgetragenen Salben oder Alkohol vermag die Haut nichts zu resorbiren.

Nach Röhrig sind alle flüchtigen Stoffe und solche, welche corrodirend auf die Epidermis wirken, der Resorption fähig. — Bei Fröschen erfolgt Resorption wässeriger Lösungen (P. Guttmann, Stirling, v. Wittich).

Gewaltsames Einreiben. Dahingegen handelt es sich bei andauerndem kräftigen Einreiben von Salben mitunter um ein gewaltsames Einpressen in die Hautporen und in die Mündungen der Knäueldrüsen, wohl nicht selten unter gleichzeitigen mechanischen Continuitätstrennungen der Epidermisschichten. Unter solchen Umständen kann dann allerdings Resorption (z. B. Jodkalium) aus Salben stattfinden. So fand Voit Quecksilberkügelchen zwischen den Epidermisschichten und selbst im Chorium eines Hingerichteten, dem er noch warm energische Einreibungen gemacht hatte. — Die entzündete, zumal aber die mit aufgesprungener oder verletzter Epidermis bedeckte Haut resorbirt schnell, ähnlich einer Wundfläche.

Aufnahme von Gasen. So wie die Haut unter normalen Verhältnissen O aus der Atmosphäre aufnimmt, vermag sie auch Gase zu absorbiren (Blausäure,

Schwefelwasserstoff, — CO, — CO_2, — Aether- und Chloroform-Dämpfe) (Chaussier, Gerlach, Röhrig).

Aus einem Bade, welches Schwefelwasserstoffgas absorbirt enthält, wird dieses Gas ebenfalls resorbirt, umgekehrt wird CO_2 in das Badewasser abgegeben (Röhrig).

Galvanische Durchleitung durch die Haut. Besonderes Interesse gewährt noch die Ueberführung wässeriger Lösungen durch die Haut hindurch vermittelst des constanten galvanischen Stromes (kataphorische Wirkung). Die beiden Elektroden werden mit der wässerigen Lösung der Substanz imprägnirt; die Stromrichtung wird von Zeit zu Zeit gewechselt. So vermochte H. Munk durch die Haut von Kaninchen schon innerhalb mehrerer Minuten Strychnin einzuleiten, an dem sie verendeten. Beim Menschen gelang so die Einbringung von Chinin in den Körper, das im Harne nachgewiesen werden konnte; ebenso auch Jodkalium.

293. Vergleichendes. — Historisches zur Physiologie der Haut.

Wirbelthiere. Bei allen Wirbelthieren findet sich die Haut aus Chorium und Epidermis bestehend. Bei den Reptilien zeigt sich Verhornung der Epidermis zu grösseren Platten (Schuppen der Schlangen, Panzer der Schildkröten); ähnliche Bildungen zeigt unter den Säugern das Gürtelthier. Neben Haaren und Nägeln treten bei Thieren als Epidermoidalgebilde auf: Stacheln, Borsten, Federn, Krallen, Hufe, Hörner (Geweihe der Hirsche sind Knochenbildungen des Stirnbeines), Sporen (Hahn), Hornüberzug des Schildkröten- und Vogelschnabels und des Horns beim Nashorn. Die Schuppen der Fische bestehen abweichend aus verknöcherten Hautpartien; manche Fische tragen grössere Knochenstücke auf der Haut. — Vielfältig ist die Haut mit Drüsen ausgestattet, bei den Amphibien sondern sie entweder blos Schleim, oder giftige Secrete ab. Schlangen und Schildkröten besitzen gar keine Hautdrüsen, bei Eidechsen reichen die „Schenkeldrüsen" vom After bis zu den Kniekehlen. Bei Krokodilen öffnen sich die Drüsen unter den Rändern der Hautknochenschilder. Die Vögel haben keine Hautdrüsen; die oberhalb der Steisswirbel liegende „Bürzeldrüse" liefert ein Secret zur Einfettung des Gefieders. Die Zibethdrüsen am After der Viverren, die Vorhautdrüsen am Moschusbeutel der Moschusthiere, die Leistendrüsen der Hasen, die Klauendrüsen der Wiederkäuer sind eigenthümlich entwickelte Talgdrüsen. — *Mollusken.* Bei den Weichthieren ist die aus Epidermis und Chorium bestehende Haut mit den darunter liegenden Muskeln innig zu einem „Hautmuskelschlauche" des Leibes zusammengefügt. Die Cephalopoden führen in ihrer Haut die sogenannten Chromatophoren, d. h. mit körnigem Pigment gefüllte runde Zellen, an deren Peripherie sich Muskelfasern radiär ansetzen, so dass deren Zusammenziehung die farbige Fläche vergrössern muss. Durch das Spiel dieser Muskeln entsteht so der Farbenwechsel der Tintenfische (Brücke). Zu der Schalenbildung der Schnecken liefern besondere Drüsen das Material. Bei allen Weichthieren geht die Entstehung von einem Theile der Oberfläche des Thierkörpers aus, den man Mantel genannt hat.

Articulaten. Bei allen Gliederthieren überzieht ein mehr oder weniger fester Panzer die Körperoberfläche. Derselbe ist als eine aus Chitin (pag. 459) bestehende Cuticularbildung, die von einer darunter liegenden Matrix abgeschieden wird, aufzufassen. Sie setzt sich eine Strecke weit in das Nahrungsrohr und die Tracheen hinein fort; bei der Häutung wird sie abgeworfen und ersetzt sich von der Matrix aus auf's Neue. Dieser Panzer, welcher dem Körper Schutz verleiht, dient zugleich den Muskeln zum Ansatz; er wird dadurch zum passiven Bewegungsorgan, dem Skelette der Vertebraten vergleichbar.

Echinodermen. Die Echinodermen weisen in ihrer Haut Kalkablagerungen auf, wodurch sie vielfach ein Hautskelett erhält. Die Kalkablagerungen sind entweder zu grossen Platten unbeweglich zusammengefügt, wie in der Schale der

Seeigel, oder gliederweise miteinander verbunden, wie an den Armen der Seesterne. Allein bei den Holothurien tritt die Bedeutung der Verkalkung als Hautskelett zurück; hier sind nur noch isolirte Kalkplättchen in verschiedenen Formen übriggeblieben. — Bei den Würmern bildet die Haut mit den darunter liegenden Muskeln den Hautmuskelschlauch. Die Oberhaut ist bei einigen mit Wimpern bekleidet, bei anderen (Bandwürmern) ist sie mit Poren durchsetzt (pag. 354), bei anderen ist sie ohne Anhänge. Die Haken am Kopfe der Tänien, die stäbchenförmigen Bewegungsborsten am Leibe der Erdwürmer sind cuticulare Bildungen. Hautdrüsen finden sich bei den höher entwickelten Würmern, z. B. Blutegeln.

Vermes.

Zoophyten.

Das Integument der Cölenteraten (Zoophyten) ist durch die Anlage verbreiteter Nesselzellen ausgezeichnet, d. h. mit peitschenartigen Fortsätzen versehene Zellen, die einen ätzenden Saft enthalten. Wimpern finden sich vielfach; bei einigen kommt es zur Bildung eines röhrenförmigen äusseren chitinähnlichen Skeletts.

Protozoen.

Das Integument der Spongien erinnert an das der Zoophyten; bei den Infusorien finden sich vielfach Wimpern verbreitet; die Rhizopoden entbehren völlig einer eigentlichen Haut. Doch sind hier theilweise die Bildungen kieseliger (Radiolarien) oder kalkhaltiger Gehäuse (Foraminiferen) beachtenswerth.

Historisches.

Historisches. Hippokrates (geb. 460 v. Chr.) und Theophrast (geb. 371 v. Chr.) unterscheiden die Perspiration von dem Schweisse. Nach Cassius Felix (97 n. Chr.) nimmt die Haut im Bade Wasser in sich auf; derselbe stellt Versuche über die Hautausdünstung an; Sanctorius (1614) misst die letztere genauer. — Alberti (1581) beschreibt die Haarzwiebel; Donatus (1588) berichtet über plötzliches Ergrauen; Riolan (1626) entdeckt die Hautfarbe der Neger in der Epidermis. Die neueren Forschungen siehe in der Darstellung selbst.

Physiologie des Bewegungsapparates.

---

294. Bau und Anordnung der Muskeln.

1. Die quergestreiften, willkürlichen (mit Ausnahme des Herzens) Muskeln.

Der Muskel ist auf seiner Oberfläche von einer bindegewebigen Hülle (Perimysium externum) überzogen, von welcher sich in das Innere desselben bindegewebige, die Gefässe und Nerven tragende, Septa (Perimysium internum) hinein erstrecken, welche den Muskel in einzelne Faserbündel, bald feineren (Augenmuskeln), bald gröberen (Glutei) Kalibers zerlegen. In einem jeden der so gebildeten bindegewebigen Fächer liegt eine Mehrzahl von Muskelfasern parallel neben einander angeordnet.

Perimysium externum und internum.

Jede einzelne Muskelfaser wird von Blutcapillaren umsponnen, und zu einer jeden tritt ein Nervenfaden. Diese Gebilde sind durch eine äusserst zarte, kaum noch als fibrillär zu erkennende Bindesubstanz an der Oberfläche der Muskelfaser gehalten, welches Gewebe somit gewissermassen ein Perimysium jeder einzelnen Muskelfaser darstellt (Toldt).

Muskelfaser.

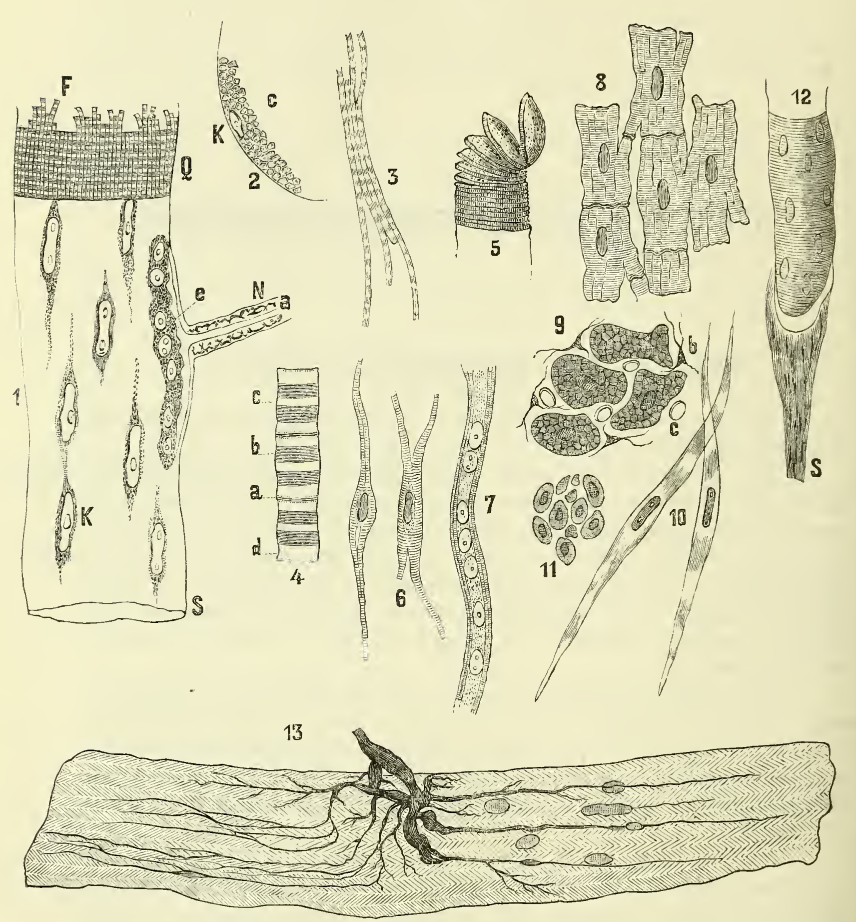
Die einzelnen Muskelfasern (Fig. 108 1) (11—67 μ breit) erreichen nirgends eine grössere Länge als 3—4 Cmtr. (Rollett). Innerhalb kurzer Muskeln (M. stapedius, Tensor tympani, kleine Froschmuskeln) verlaufen daher die Muskelfasern durch die ganze Länge der Muskeln; innerhalb der längeren Muskeln jedoch verjüngen sich die einzelnen Fasern zugespitzt, und sind schräg an der spitz beginnenden nächst darunter folgenden Faser durch Kittsubstanz angeheftet. [Die Isolirung der Muskelfasern gelingt am besten durch Salpetersäure mit chlorsaurem Kali im Ueberschuss (Budge); ferner durch 35% Kalilösung (Moleschott).]

Sarkolemma.

Jede Muskelfaser ist ringsum von einer structurlosen glashellen (in chemischer Beziehung zwischen Binde- und elastischem Gewebe stehenden) Hülle, dem Sarkolemma (1. S), völlig umschlossen, innerhalb dessen die contractile Substanz der Muskelfaser belegen ist.

Diese Substanz zeigt in Abständen von 2—2,8 μ eine aus abwechselnden hellen und dunklen Schichten gebildete Querstreifung;

Fig. 108.



Histologie des Muskelgewebes. — 1. Schematische Zusammenstellung der Theile einer quergestreiften Muskelfaser: *S* das Sarkolemma, — *Q* die Querstreifung, — *F* die Fibrillen, weiterhin die Längsstreifen bewirkend, — *K* die Muskelkörperchen (oder Kerne) der Muskelfaser, — *N* der zutretende motorische Nerv mit *a* dem Axencylinder, der in die (im Profil gesehene) motorische Endplatte (Kühne's) übergeht, welche auf einer kernhaltigen protoplasmatischen Schichte liegt. — — 2. Ein Theil eines Querschnittes einer quergestreiften Muskelfaser mit den Cohnheim'schen Feldern *c*, — *K* ein dem Sarkolemma anliegender Muskelkern. — — 3. Isolirte Fibrillen aus einer quergestreiften Muskelfaser — — 4. Ein Theil einer Fibrille vom Insectenmuskel sehr stark vergrössert: *a* die Krause-Amici'sche Linie, welche die Muskelkästchen abgränzt, — *b* die dunkle doppelbrechende Substanz, — *c* die Hensen'sche Linie, — *d* die einfachbrechende Substanz. — — 5 Quergestreifte Muskelfaser in die Discs zerfallend. — — 6. Quergestreifte Faserzellen aus dem Herzen des Frosches. — — 7. Bildung einer quergestreiften Muskelfaser eines menschlichen 3monatlichen Embryos. — — 8. Netzförmig zusammenhängende Muskelfasern des Herzens. — — 9. Querschnitt der Herzmusculatur: *c* Capillaren, *b* Bindegewebskörperchen. — — 10. Glatte Muskelfasern. — — 11. Glatte Muskelfasern im Querschnitt. — — 12. Quergestreifte Muskelfaser mit der zugehörigen (gelockerten) Sehne *S*. — — 13. Interfibrilläre Muskelnerven im quergestreiften Muskel (nach Gerlach zusammengestellt).

(1. Q). [Durch Einwirkung von 1 pro mille Salzsäure, durch Magensaft, oder nach Einfrieren erleidet die Faser nicht selten entsprechend der Querstreifung eine Lösung, so dass die Faser wie eine umgeworfene Geldrolle in Scheiben zerfällt (Fig. 108 5). Diese Scheiben (Kunstproducte) nennt man Discs (Bowman).] — Ausser der Querstreifung nimmt man an der Faser eine Längsstreifung wahr. Diese ist der Ausdruck dafür, dass in der Muskelfaser zahlreiche (1—1,7 μ breite) feine contractile Fäden, die Primitivfibrillen (Fig. 108 1. F), neben einander lagern, die alle für sich quergestreift sind und durch eine geringe Menge flüssiger Zwischensubstanz so neben einander gefügt sind, dass die Querstreifen aller Fibrillen in demselben Niveau liegen. Diese Fibrillen sind prismatisch gegen einander abgeflacht, und man erkennt daher auf dem Querschnitte (völlig frischer gefrorener Muskeln) eine aus polygonalen Feldern (Cohnheim'sche Felder) bestehende Zeichnung (Fig. 108 2). Die Fibrillen werden einzeln leicht aus Insectenmuskeln gewonnen, in Säugermuskeln isoliren sie sich nach Einwirkung dünnen Alkohols, Müller'scher Flüssigkeit zumal an den Rissenden der Fasern (Fig. 108 3).

Discs.

Fibrillen.

Weitere Einzelheiten liefert die Betrachtung der isolirten Fibrillen mit starken Systemen (Fig. 108 4). Jede erweist sich als eine aus zahlreichen hinter einander gelagerten Theilen aufgebaute Säule. Diese Theilchen, welche man Muskelelemente (Muskelkästchen, Krause) nennen kann, zeigen jedes für sich noch einen sehr complicirten Bau. Jedes Muskelelement (Kästchen) ist ein 2—2,8 μ hoher prismatischer Körper mit ebenen Endflächen. Die ganze Mittelschicht wird von der dunkler und stärker lichtbrechend erscheinenden eigentlichen contractilen Substanz (Bowman's sarcous elements, Kühne's Fleischprismen) eingenommen; die letztere ist doppelbrechend (anisotrop) und liegt auf beiden Flächen einer heller erscheinenden Schicht („Mittelscheibe" (4. c), die sich als helle Linie, welche das dunkle Terrain halbirt, erkennen lässt (Hensen). Auf der oberen und unteren Fläche der dunkleren contractilen Substanz liegt eine Schicht heller, einfachbrechender (isotroper) Substanz (4. d). Dort, wo diese hellere Scheibe mit der des nächstanliegenden Elementes zusammenstösst, erkennt man eine trennende Scheidewand („Endscheibe") (4. a), die sich als eine dunkle Linie zu erkennen gibt (Amici, Krause). [Denkt man sich jedes Muskelelement von einer äusserst zarten Membran völlig umschlossen, so müsste die Amici-Krause'sche Linie, den zwei auf einander liegenden Membranen entsprechend, doppelt sein (Merkel).

Muskelelement.

Contractile Substanz.

Mittelscheibe.

Endscheiben.

Unmittelbar unter dem Sarkolemma trifft man bei allen Säugern längsgerichtete (8—13 μ lange, 3—4 μ breite, auf Zusatz verdünnter Essigsäure deutlich hervortretende Kerne, welche von einer dünnen Schicht Protoplasma umgeben sind (Fig. 108. 1. u. 2. K). Sie heissen Muskelkörperchen; der Kern enthält ein oder zwei Nucleoli, das Protoplasma sendet zu den benachbarten mitunter deutliche zarte Fortsätze, so dass sie eigentlich unter dem Sarkolemma ein zusammenhängendes Zellennetz bilden. Histogenetisch sind sie die übrig

Muskelkörperchen (Kerne).

gebliebenen Reste von Zellen, aus deren Leib sich die Muskelfaser bildete; die quergestreifte Substanz ist die von ihnen geschiedene differenzirte Parietalsubstanz (Intercellularsubstanz) (M. Schultze). Sie stellen für die Muskelfaser wahrscheinlich die natürlichen Ernährungsherde dar. Bei Amphibien, Vögeln, Fischen und Insecten liegen die Muskelkörperchen in der Mitte der Faser zwischen den Fibrillen.

Uebergang des Muskels in die Sehne. Das Verhältniss der Muskelfasern zu den Sehnen ist ein verschiedenes. Nach Toldt gehen die zarten Bindegewebselemente, welche die einzelnen Muskelfasern bekleiden, über das Ende der letzteren hinaus direct in die bindegewebigen Elemente der Sehne über. Ausserdem kann es vorkommen, dass das Ende der Muskelfaser durch eine besondere Kittsubstanz an die ebene Fläche oder in kleinen Grübchen des selbstständig beginnenden Sehnenanfanges angekittet ist (Weismann) (Fig. 108 12. S). Bei Gliederthieren findet sich zweifellos auch ein directer Uebergang des Sarkolemmas in die Substanz der Sehne (Leydig, Reichert). — An manchen Stellen setzen sich die Enden der Muskelfasern direct an das Punctum fixum fest; an anderen Stellen (Gesicht) verlieren sich die Enden vielfach zwischen den Bindegewebselementen der Haut. — *Gefässe.* Das reiche Capillarnetz der Muskeln breitet sich um jede Faser in länglichem Maschenwerke aus. — Lymphgefässe findet man vielfach in Begleitung der Blutgefässe.

Endigung der motorischen Nerven. Jede Muskelfaser erhält eine besondere zu ihr verlaufende motorische Nervenfaser (Fig. 108 1. N). Ursprünglich enthält der für einen Muskel bestimmte motorische Nerv nicht soviel Fasern, als der Muskel Muskelfasern aufweist; in den Augenmuskeln kommen gegen 7 Muskelfasern auf 3 Nervenfasern im Nervenstamm (beim Menschen), in anderen Muskeln auf 1 Nervenfaser 40—83 (beim Hunde) (Tergast). Daher ist es nothwendig, dass bei seinen Verzweigungen im Muskel sich die einzelnen Nervenfasern so oft dychotomisch theilen (wobei sich ihre Structur nicht verändert), bis gerade so viele Nervenfasern, als Muskelfasern vorhanden sind. Nun tritt die markhaltige Faser in die Muskelfaser hinein und bildet an der Eintrittsstelle eine hügelige Hervorragung (Doyère 1840), den *Nervenendhügel.* Nervenendhügel (Fig. 1. e). Bei diesem Uebertritt verschmilzt das Neurilemma direct mit dem Sarkolemma, das Nervenmark hört auf, während der Axencylinder in eine abgeplattete Verästelung *Nervenendplatte.* eingeht (Nervenendplatte, W. Kühne), welche in einer feingranulirten protoplasmatischen Masse (1. e) ruht, in welcher Kerne angetroffen werden. — Von dieser verästelten Endplatte Kühne's sollen nun weiterhin unter vielfältigen Theilungen zarteste (nur durch Chlorgoldbehandlung nachweisbare) Nervenfibrillen hervorgehen (Fig. 108 13), *Interfibrilläre Nervenendigung.* welche „interfibrillär“ sich durch die ganze Länge der Muskelfaser forterstrecken und vielleicht in der einfach brechenden Substanz eines jeden Muskelelementes ihr Ende erreichen (Gerlach). Ausser *Sensible Muskelnerven.* den motorischen Nerven kommen dem Muskel noch sensible zu, welche das Muskelgefühl (Gruithuisen, Lenhossek) vermitteln. Es scheint, dass diese ihre Ausbreitung an der äusseren

Fläche des Sarkolemma's erhalten, indem sie sich nach dendritischer Verzweigung um die Muskelfasern herum winden (Arndt, Sachs). Die Existenz sensibler Fasern in den zu den Muskeln gehenden Nerven ist auch dadurch erwiesen, dass sie gereizt Steigerung des Blutdruckes und Pupillenerweiterung bedingen (Asp, Kowalewsky, Nawrocki), sowie dass sie entzündet schmerzhaft sind.

Ueber den Bau der quergestreiften Muskeln des Herzens (pag. 77) und der Zunge (pag. 282) war bereits die Rede; (hierzu Fig. 108 8 und 9).

Rothe und blasse Muskeln.

Bei manchen Fischen (Stör), Vögeln (Puter) und Säugern (Kaninchen), kann man rothe (z. B. Soleus des Kaninchens) und blasse quergestreifte Muskeln unterscheiden. Die blassen contrahiren sich auf elektrische Reize viel schneller und energischer, ihre Querstreifung ist regelmässiger, ihre Längsstreifung weniger hervortretend und ihre Muskelkörperchen sind weniger zahlreich, als in den rothen Fasern (Ranvier).

Herzmuskeln.

Im Herzen vom Frosche (sowie bei Wirbellosen) finden sich Uebergangsformen von quergestreiften Muskelfasern zu glatten (Fig. 108 6). Die spindelförmigen einkernigen Zellen haben die Gestalt der glatten, aber die Querstreifung der willkürlichen Muskeln.

Genese der quergestreiften Muskeln.

Die quergestreiften Muskelfasern entstehen aus je einer einkernigen hüllenlosen Zelle des Mesoderms, die sich spindelförmig verlängert Unter stetiger Verlängerung vermehren sich in ihr die Kerne. Weiterhin geht die periphe- rische (Parietal-) Substanz dieses Gebildes in die fibrilläre quergestreifte Masse der Faser über (Fig. 108 7), während die Kerne mit spärlicher Protoplasmaumhüllung (Muskelkörperchen) sich in der Axe zusammenhängend erhalten, woselbst sie bei manchen Thieren liegen bleiben. Beim Menschen rücken sie später gegen die Oberfläche der Faser vor, auf welcher es zur Abscheidung einer structurlosen Cuticula (Sarkolemma) kommt. Die Muskelkörperchen beherrschen in gewissem Sinne als Ernährungsherde die quergestreifte Parietalsubstanz: vielleicht kann von ihnen aus eine Einschmelzung oder Restitution der letzteren erfolgen (vgl. pag. 451). Der jugendliche Muskel hat weniger Fasern, als der des Erwachsenen, zugleich sind erstere durchgehends schmäler (Budge).

Die glatten Muskelfasern.

2. Die glatten, unwillkürlichen Muskeln (Fig. 108 10), oder contractilen Faserzellen (Kölliker) sind (durch 35% Kalilösung isolirbare (Moleschott), hüllenlose, einzellige, spindelförmige, abgeplattete, homogen erscheinende, 45—230 μ lange und 4—10 μ breite (J. Arnold), mitunter an einem Ende gabelig getheilte Fasern, die in der Mitte einen soliden stäbchenförmigen (nach Zusatz verdünnter Essigsäure scharf hervortretenden) Kern enthalten, der 1—2 glänzende Nucleoli umschliesst. Die Figur 108 11 zeigt die Fasern im Querschnitt. Eine sehr zähe, elastische Zwischen- (Kitt-) Substanz verbindet die Fasern zu zusammenhängenden Lagen oder netzförmig zusammenhängenden Bälkchen, wobei sie der Länge nach mit den verjüngten Enden gegen einander gelagert angeordnet sind.

Nach Engelmann ist die Sonderung der glatten Muskelsubstanz in die einzelnen spindelförmigen Elemente eine postmortale Veränderung des Gewebes. Mitunter beobachtete quere verdichtete Stellen sind nicht der Ausdruck einer Querstreifung (Krause), sondern der einer partialen Contraction (Meissner). Längsstreifen fehlen ebenso unter normalen Verhältnissen.

Auch die glatten Muskelfasern haben mitunter sehnige Ansätze. — Die Blutcapillaren laufen in lang gestreckten Maschen zwischen den Fasern; — ähnlich die zahlreichen Lymphcapillaren.

Nervenendigung.

Die motorischen Nerven bilden nach J. Arnold aus markhaltigen und marklosen Fasern ein, theilweise mit Ganglienzellen

ausgestattetes, Geflecht, welches in dem Bindegewebe der Umhüllung der glatten Muskelfasern liegt (Grundplexus). Aus diesem geht ein zweites markloses Nervennetz hervor, mit Kernen in den Knotenpunkten, entweder unmittelbar der Musculatur aufliegend, oder im Bindegewebe zwischen den einzelnen Bündeln (intermediärer Plexus).

Die aus letzterem hervorgehenden feinsten Fibrillen (0,3—0,5 μ), die sich abermals netzartig verbinden (intermusculärer Plexus), endigen nach Frankenhäuser in dem einen, oder in den beiden Nucleolis des Kernes; nach J. Arnold durchsetzen sie die Faser und den Kern (so dass die Muskelfaser durch den Kern hindurch auf der Fibrille aufgereiht erscheint), und gehen in das Geflecht wieder über. Nach Löwitt halten sich die Fäden überhaupt nur in der Zwischensubstanz, und auch Gscheidlen sah die feinsten Terminalfibrillen, von denen einer jeden Muskelfaser eine zuzukommen scheint, nur den Rändern der letzteren entlang laufen. Zur Darstellung wird Behandlung mit Goldchlorid verwandt.

Nerven der Sehnen. Innerhalb der Sehnen (Frosch) finden sich Geflechte markhaltiger Nerven, aus denen ebensolche Fasern hervorgehen, die zuletzt in platten Endausbreitungen aufhören, den Nervenschollen Rollett's.

295. Physikalische und chemische Eigenschaften der Muskelsubstanz.

Die Consistenz ist „festweich". 1. Die Consistenz der Muskelsubstanz ist derjenigen des lebenden Protoplasmas, z. B. der Lymphoidzellen, gleich; sie ist „festweich", d. h. nicht in so hohem Grade flüssig, dass sie zu zerfliessen vermag, aber auch nicht bis zu einem so hohen Grade fest, dass nicht ein Zusammentreten getrennter Theile möglich wäre. Die Consistenz lässt sich somit mit der einer Gallerte im Momente ihres Zergehens (etwa durch Wärme) vergleichen.

Beobachtungen hierüber. Die mitgetheilte Anschauung findet in folgenden Punkten ihre Begründung: — a) in der Analogie in der Function des Muskelinhaltes mit dem contractilen Protoplasma der Zellen, dem dieser festweiche Zustand sicher zukommt, da er aus der Bewegung des Protoplasmas erschlossen werden muss. (Vgl. pg. 32.) — b) in dem sogenannten Porret'schen Phänomen (W. Kühne), welches darin besteht, dass bei der Durchleitung eines galvanischen Stromes durch die lebend frische Muskelfaser in ihr (wie in allen anderen Flüssigkeiten) eine strömende Fortbewegung des Inhaltes der Muskelfaser vom positiven zu dem negativen Pole hin beobachtet wird, so dass die Faser am negativen Pole sogar anschwillt. — c) Durch die Beobachtung des Verlaufes wahrer Wellenbewegung durch die Länge der Muskelfaser. — d) Man hat endlich direct unter dem Mikroskope beobachtet, wie ein kleiner parasitischer Rundwurm (Myoryctes Weismanni) sich schlängelnd im contractilen Inhalt fortbewegte, so dass hinter ihm die getheilten festweichen Massen wieder zusammenflossen (W. Kühne, Eberth).

Die contractile Substanz ist anisotrop, — die helle ist isotrop. 2. Ueber die Eigenschaft der contractilen Substanz das Licht doppelt zu brechen (Boeck), (während die Grundsubstanz einfach brechend ist) verdanken wir Brücke die wichtigsten Aufklärungen. Nach ihm verhält sich dieselbe wie ein doppeltbrechender einaxiger Körper, dessen optische Axe in der Längsaxe der Faser liegt. Unter dem Polarisationsmikroskop gibt sich

die doppeltbrechende Substanz dadurch als solche zu erkennen, dass dieselbe bei gekreuzten Nicols im verdunkelten Gesichtsfelde (wobei die Faser so orientirt ist, dass ihre Längsaxe die Schwingungsebenen der Nicol'schen Prismen unter 45° schneidet) hell, — im farbigen, purpurrothen (durch Zwischenlagerung eines Gypsplättchens) andersfarbig (blau, gelbroth, bis gelb) erscheint. Da nun bei der Contraction der Muskelfasern die contractile Masse des Muskelelementes niedriger und zugleich dicker wird, während die optischen Constanten hierbei sich nicht ändern, so kann nach Brücke die contractile Substanz kein einfacher Körper sein, etwa wie ein Krystall, der seine Form nicht zu verändern vermag, sondern sie muss aus einer ganzen Anzahl kleiner, zu einer Gruppe vereinigter, doppeltbrechender, an sich fester Moleküle bestehen, welche bei der Contraction oder Relaxation gegenseitig ihren Ort verändern können. Diese kleinsten Theilchen nennt Brücke die Disdiaklasten; (dieselbe Bezeichnung legte der älteste Beobachter dem doppelbrechenden isländischen Spath bei). Aendert sich je nach der Thätigkeit oder Ruhe die Form der contractilen Substanz, so nimmt Brücke eine verschiedenartige Formation durch das Anfmarschiren der Moleküle in verschieden formirten Colonnen an: also in der Ruhe eine Formation aus vielen Gliedern mit wenigen Einzelmolekülen, — bei der Contraction wenige Glieder mit vielen Molekülen. Sind endlich die Disdiaklasten ganz gleichmässig durch die Substanz der Muskelfaser zerstreut, so verschwindet auch die Querstreifung. Dann erscheint vielmehr die ganze Faser ununterbrochen gleichmässig doppeltbrechend, wie es bei den glatten Muskelfasern constant in allen Zuständen der Fall ist. Nach den Beobachtungen Engelmann's kommt allen contractilen Elementen Doppelbrechung zu, und zwar ist die Richtung der Verkürzung stets mit der der optischen Axe gleichgerichtet.

Chemie des Muskels.

Die chemische Zusammensetzung des Muskels erleidet nach dem Tode durch eine spontan innerhalb der Muskelfasern eintretende Gerinnung tiefgreifende Veränderungen. Da Froschmuskeln nach dem Einfrieren aufgethaut wieder contractionsfähig werden, also das Durchfrieren sie chemisch nicht verändert, so kühlt W. Kühne entblutete Froschmuskeln auf — 10° bis — 7° C. ab, zerreibt im eiskalten Mörser, und presst den Brei, der schon bei — 3° aufthaut, durch Leinen aus. Das abgepresste Fluidum wird kalt filtrirt und stellt nun einen neutral, oder meist alkalisch reagirenden, leicht gelblich tingirten, schwach opalescirenden Saft dar, welcher „Muskelplasma“ genannt wird. Dasselbe hat mit dem Blutplasma die spontane Gerinnung gemein: letztere erfolgt zuerst so, dass das Muskelplasma gleichmässig weich gallertig wird; später ziehen sich in der Gallerte trübe undurchsichtige Flocken und Fäden zusammen, die ähnlich wie die Fibrinfäden des sich contrahirenden Blutkuchens einen flüssigen Saft, das sauer reagirende „Muskelserum“ auspressen. Kälte verhindert die Gerinnung des Muskelplasmas; über 0° erfolgt sie nur sehr langsam, dann mit steigender Temperatur schneller, endlich sehr schnell bei 40° C. für Kaltblüter-, oder bei 48—50° C. für Warmblüter-Muskeln. Zusatz von destillirtem Wasser oder von Säuren zum Muskelplasma ruft sofortige Gerinnung hervor. Der geronnene Eiweisskörper, der reichlichste in den Muskeln, heisst das Myosin (W. Kühne). Dasselbe ist in stärkeren (von 10% an) Kochsalzlösungen löslich, und wird aus diesen nach Verdünnen mit Wasser wieder niedergeschlagen. Auch in verdünnten Alkalien oder Säuren (0,1% Salzsäure) ist das Myosin löslich; in Säuren

Muskelplasma. Muskelserum. Myosin.

gelöst büsst es jedoch weiterhin seine Eigenschaft ein, nach der Gerinnung in Salzlösung sich wieder zu lösen, es geht nämlich in Syntonin über (vgl. pag. 301). Wie Fibrin zersetzt es lebhaft H_2O_2. [Myosin findet sich auch innerhalb der Hornhaut des Auges.]

Albuminate des Muskelserums. Das Muskelserum enthält nun weiterhin noch 3 Eiweisskörper (2,3—3%), nämlich: — 1. Kalialbuminat (Caseïn), welches auf Säurezusatz schon bei 20—40° C. gefällt wird; — 2. gewöhnliches Serumalbumin (pag. 57, a und pag. 72, 2), das bei 75° coagulirt; — 3. ein bei 45° C. coagulirendes Albuminat.

Sonstige Bestandtheile. Ueber die sonstigen chemischen Bestandtheile der Muskeln ist bereits bei Besprechung des „Fleisches" (pag. 425) berichtet. Es genügt hier nur noch Weniges zuzufügen. 1. Brücke wies Spuren von Pepsin und Pepton im Safte der Muskeln nach; Piotrowsky eine Spur diastatischen Fermentes. — 2. Neben *Säuren.* flüchtigen Fettsäuren (Ameisen-, Essig-, Butter-Säure) bildet sich im Muskel die Fleisch- oder Para-Milchsäure (Liebig) (1,5—2,3%), die erst durch ein Ferment aus Inosit (vgl. pag. 463, IV. 1) umgesetzt wird, da plötzliches Sieden frischen Fleisches die Säuerung durch Aufheben dieser fermentativen Umsetzung unterdrückt (Du Bois-Reymond). Saures phosphorsaures Kalium trägt weiterhin zur sauren Reaction bei. — 3. Das durch Brom oder Salpetersäure zu Sarkin oxydirbare Carnin ($C_7H_8N_4O_3$) findet sich zu 1% im Liebig'schen *Gase.* Fleischextract des Ochsen (Weidel). — 4. Von Gasen findet sich CO_2 (theils absorbirte, theils chemisch gebundene; letztere wohl erst durch Zersetzung gebildet); etwas absorbirter N aber kein O, obwohl der Muskel aus dem Blut fortwährend O aufnimmt (L. Hermann).

296. Stoffwechsel im Muskel.

I. Der ruhende Muskel entnimmt fortwährend dem denselben durchströmenden Capillarblute eine Menge von O und gibt demselben CO_2 wieder zurück. Doch scheidet derselbe weniger CO_2 aus, als dem von ihm aufgenommenen O entspricht. Auch ausgeschnittene entblutete Muskeln zeigen einen zwar geringeren, aber analogen Gasaustausch (Du Bois-Reymond, G. Liebig). Da letztere sich überdies in O oder an der Luft länger reizbar und leistungsfähig zeigen, als in O-freien indifferenten Gasen (Al. v. Humboldt), so ist anzunehmen, dass der besagte Gaswechsel eine mit dem normalen Stoffwechsel verknüpfte, die Leistungsfähigkeit des Muskels bedingende Lebenserscheinung desselben ist.

Von diesem Gaswechsel ist wohl zu unterscheiden derjenige, welcher als Fäulnisserscheinung unter der Entwickelung lebendiger Organismen im Fleische (ebenfalls in O-Aufnahme und CO_2-Abgabe beruhend) schon bald nach dem Tode (im

Anschlusse an den erloschenen physiologischen Gaswechsel) sich zeigt (L. Hermann).

II. Der thätige Muskel zeichnet sich durch eine Reihe chemischer Umsetzungen vor dem ruhenden aus:

1. Die neutrale oder schwach alkalische Reaction des ruhenden Muskels (auch des glatten) geht mit dessen Thätigkeit in Folge von Bildung von Fleischmilchsäure in eine saure über (Du Bois-Reymond 1859), und zwar nimmt der Säuregrad des Muskels mit der von ihm geleisteten Arbeit bis zu einer gewissen Grenze zu (R. Heidenhain). Glycogen und Traubenzucker können unter besonderen Fermentationsbedingungen Fleischmilchsäure liefern (Maly).

2. Der thätige Muskel scheidet bedeutend mehr CO_2 aus, als während der Ruhe. — a) Schon die lebhafte Muskelaction von Mensch oder Thier steigert bedeutend die CO_2-Ausscheidung (vgl. pag. 244, 6). — b) Auch das Venenblut fliesst CO_2-reicher aus den tetanisirten Extremitätenmuskeln zurück; und zwar wird unter diesen Verhältnissen mehr CO_2 ausgeschieden, als dem gleichzeitig aufgenommenen O entspricht (Ludwig und Sczelkow). Dasselbe zeigt sich auch bei künstlicher Blutdurchleitung. — c) Auch ausgeschnittene contrahirte Muskeln scheiden reichlicher CO_2 ab (Matteucci, Valentin).

3. Der thätige Muskel verbraucht mehr O, und zwar: a) nimmt der gesammte Körper während der Arbeit sehr viel mehr (bis gegen das 4—5fache) an O auf (vgl. pag. 406) (Regnault und Reiset); — b) das Venenblut fliesst O-ärmer aus thätigen Extremitätenmuskeln (Ludwig und Sczelkow und Al. Schmidt). Jedoch ist die Zunahme des O-Verbrauches seitens des arbeitenden Muskels nicht so gross als die der CO_2-Abgabe (v. Pettenkofer und Voit).

An ausgeschnittenen entbluteten Muskeln lässt sich gasometrisch eine O-Zehrung nicht nachweisen, auch scheint für kürzere Thätigkeit des Muskels der O nicht unbedingt erforderlich, da der ausgeschnittene Muskel noch im Vacuum oder in O-freien Gasgemischen eine Zeit lang zu arbeiten vermag, und kein O aus seinem Gewebe erhalten werden kann (L. Hermann). Froschmuskeln entziehen leicht reducirbaren Substanzen den O (so entbläuen sie z. B. Indigolösung), und zwar wirken ausgeruhte Muskeln weniger energisch, als anhaltend thätig gewesene (Grützner, Gscheidlen).

4. Der Glycogengehalt (0,43% im Frosch- oder Kaninchenmuskel) und der Traubenzucker nimmt im arbeitenden Muskel ab (O. Nasse).

5. Der thätige Muskel enthält weniger in Wasser lösliche, dahingegen mehr in Alkohol lösliche Extractivstoffe (Helmholtz 1845).

6. Während der Contraction nimmt der Wassergehalt des Muskelgewebes zu (der des Blutes entsprechend ab) (J. Ranke).

7. Die Harnstoff-Ausscheidung aus dem Körper wird selbst bei ausgiebiger Muskelthätigkeit nicht in irgendwie erheblicher Weise gesteigert (Voit, Fick und Wislicenus. Doch behauptet Parkes, dass nicht unmittelbar nachher, wohl aber nach 1—1½ Tagen die Harnstoff-Ausscheidung etwas erhöht sei. — Immerhin lässt sich aber berechnen, dass das Arbeitsmass nicht aus dem Umsatz des Eiweisses in Harnstoff allein hergeleitet werden kann.

Nach diesen Thatsachen darf geschlossen werden, dass die lebendige Arbeitskraft des Muskels vornehmlich aus der chemischen Spannkraft verbrauchter Kohlehydrate (die sich während der Thätigkeit vermindern) umgesetzt wird. Ob das Glycogen dem Muskel vielleicht von der Leber (vgl. pag. 314, 2) durch den Kreislauf zugeführt wird, oder ob es im Muskel selbst durch eine unbekannte Spaltung der Albuminate entsteht, ist unbekannt. Jedenfalls ist die normale Circulation eine Bedingung für die Bildung des Glycogens im Muskel, da dasselbe nach Ligatur der Gefässe abnimmt (Chandelon).

297. Die Muskelstarre (Todtenstarre; Rigor mortis).

Wesen der Starre.

Ausgeschnittene, quergestreifte, sowie glatte Muskeln (aber auch die Muskeln des intacten Körpers einige Zeit nach dem Tode), verfallen in einen unten näher zu charakterisirenden Zustand der Starre, den man Muskelstarre genannt hat. Werden die Muskeln der Leiche hiervon ergriffen, so nimmt der ganze Cadaver völlige Steifheit an (Leichenstarre). Die Ursache dieser Erscheinung liegt in der spontanen Gerinnung eines Eiweisskörpers (Brücke), nämlich des Myosins innerhalb der Muskelfasern (Kühne); unter Umständen kann auch die Gerinnung der übrigen Eiweisskörper des Muskels die Starre erhöhen. Während dieses Festwerdens wird Wärme frei (v. Walther, Fick) vgl. pag. 412.

Eigenschaften der starren Muskeln.

Der starre Muskel zeigt folgende Eigenschaften: er ist verkürzt, verdickt und etwas dichter (Schmulewitsch); steif, derb und fest; trüb und undurchsichtig (wegen der Gerinnung des Myosins); unvollkommen elastisch und leichter zerreisslich; er ist für Reize völlig unerregbar; der elektrische Strom desselben ist erloschen (oder er zeigt einen schwachen in entgegengesetzter Richtung); er reagirt (wegen der Bildung von Fleischmilchsäure und Glycerinphosphorsäure (Diakonow) meist sauer, und entwickelt freie CO_2; der Glycogengehalt ist vermindert (O. Nasse). Aus Einschnitten starrer Muskeln tritt spontan Flüssigkeit (Muskelserum) aus.

Die Menge der Säure variirt nicht, mag die Starre langsam oder schnell sich einstellen (J. Ranke); mit dem Eintritt der Säuerung wird die beginnende Starre stärker wegen der Coagulation des Alkalialbuminats im Muskel. CO_2 entwickelt der starre Muskel um so weniger, je mehr er vorher bei etwaiger Thätigkeit bereits abgegeben hat (Hermann). Der starre Muskel gibt auch N

ab, und nimmt O auf; nach Valentin ist die CO_2-Abgabe im Vergleich zur O-Aufnahme grösser als im reizbaren Muskel.

Man muss für die Starre zwei Stadien unterscheiden: Im 1. Stadium ist der Muskel bereits etwas steif, aber noch reizbar, das Myosin erscheint in diesem Stadium gallertig verdickt. Aus diesem Stadium ist noch eine Restitution möglich. — Im 2. Stadium ist die Starre völlig ausgesprochen in allen vorbenannten Merkmalen.

Stadien der Starre.

Der Eintritt der Starre beim Menschen erfolgt zwischen 10 Minuten und 7 Stunden; ebenso wechselnd ist ihre Dauer: von 1—6 Tagen. Nach dem Vergehen derselben werden die Muskeln unter dem Eintritte weiterer Zersetzungen wieder weich, „die Starre löst sich" (Nysten, Sommer). Dem Eintritte der Starre geht stets ein Erlöschen der Nerventhätigkeit voraus. Deshalb werden zuerst die Muskeln des Kopfes und Nackens und weiterhin absteigend die übrigen ergriffen. Bei den zuerst erstarrten Muskeln tritt auch zuerst wieder die „Lösung" ein (Nysten). Sehr lebhafte Muskelactionen vor dem Tode (z. B. Krämpfe bei Hydrophobie, Tetanus, Cholera, bei Strychnin- und Opium-Vergiftung), bedingen schnelle und intensive Starre; daher erstarrt auch das Herz relativ schnell und stark. Zu Tode gehetztes Wild kann man in wenigen Minuten erstarren sehen.

Verlauf der Starre und Einwirkungen auf dieselbe.

Verlust der Reizbarkeit.

Muskelaction.

Besonders beachtenswerth ist der Einfluss des Blutgehaltes der Muskeln auf den Eintritt der Starre. Unterbindung der Muskelarterien bewirkt bei Warmblütern baldiges Eintreten der Starre, und zwar beider Stadien hinter einander (Nic. Stenson 1667). [Auch Verstopfung der Muskelgefässe durch Gerinnung bringt Starre hervor (Landois, vgl. pag. 201).] Gibt man im 1. Stadium die Circulation wieder frei, so erholt sich alsbald der Muskel wieder (Stannius). Ist jedoch das 2. Stadium bereits eingetreten, so ist eine Restitution unmöglich geworden (Kühne). (Bei Kaltblütern erfolgt erst nach Verlauf mehrerer Tage nach der Ligatur der Eintritt der Starre.) Brown-Séquard vermochte selbst 5 Stunden nach dem Tode menschliche Leichname aus dem ersten Stadium der Starre durch Einspritzen frischen O-haltigen Blutes wieder weich und reizbar zu machen. Leiteten Ludwig und Al. Schmidt durch ausgeschnittene Muskeln O-haltiges Blut, so wurde der Eintritt der Starre lange hingehalten (durch O-freies Blut gelingt dies jedoch nicht). Nach bedeutenden Blutverlusten tritt die Starre relativ früh auf. — Vorherige Durchschneidung der motorischen Nerven hat in den betreffenden Muskeln späteren Eintritt der Starre zur Folge (Brown-Séquard). Entweder liegt der Grund in dem grösseren Blutreichthum dieser Muskeln (wegen gleichzeitiger Lähmung der Vasomotoren), in denen auch noch nach dem Tode, während die Arterien der übrigen Körpertheile leer werden, das Blut verbleibt, oder eben darin, dass der gelähmte Muskel eben im Gegensatze zu dem vorher stark thätigen, langsamer starr wird. Die Erscheinung, dass Fische mit sofort zertrümmerter Medulla oblongata viel später erstarren, als langsam absterbende (Blane), scheint für

Blutgehalt.

Stenson'scher Versuch.

Zerstörung der Nerven.

die erstere Annahme zu sprechen. [Muskeln von Schildkröten können 8—10 Tage nach dem Tode noch reizbar sein (Brücke).]

Künstliche Starre: Künstlich kann die Starre durch verschiedene Agentien erzeugt werden:

Wärmestarre, 1. Durch Wärme („Wärmestarre"), welche bei Kaltblütern bei 40—45°, bei Säugern bei 48—50°, bei Vögeln gegen 53° C. sofort wirkt. (In ähnlicher Weise verfällt auch das Protoplasma von Pflanzen und Thieren, z. B. der Amöben, in die Wärmestarre.) Todtenstarre Muskeln werden durch Wärme noch starrer, wohl durch Coagulation eines Albuminates (s. pg. 544).

Wasserstarre. 2. Durchtränkung mit destillirtem Wasser ruft die „Wasserstarre" hervor (Pickford).

Die englischen Fischer bedienen sich der Anwendung der Wasserstarre (Crimping genannt) bei den Fischen, die mit mehreren Querschnitten versehen und 5 Minuten in Wasser getaucht werden, um ein specifisch festeres Fleisch zu erlangen (Blane, Carlisle 1805).

Umschnürt man den Oberschenkel eines Frosches und taucht die enthäuteten Muskeln in heisses Wasser, so werden sie starr. Lösung der Ligatur kann durch Restitution des Kreislaufes geringe Grade der Starre nun wieder aufheben. Dagegen lassen höhere Grade sich nur durch Einbringen des Beines in 10% Kochsalzlösung beseitigen, welche das Myosingerinnsel löst (Preyer).

Säurestarre. 3. Säuren, selbst schwache wie die CO_2, rufen schnelle „Säurestarre" hervor. Diese ist wahrscheinlich von der normalen Starre verschieden, da in ihr der Muskel keine CO_2 entwickelt (L. Hermann).

Andere Einflüsse. 4. Auch das Gefrieren und Wiederaufthauen bewirkt Starre; — befördert wird sie auch durch mechanische Insulte.

Einwirkung von Giften. Unter den Giften befördern die Starre Veratrin, Blausäure (Kölliker), Chloroform (Kussmaul, Ranke) und in directer Berührung mit den Muskeln das Rhodankalium (Bernard, Setschenow) Ammoniak, Alkohol, Metallsalze.

Haltung des Körpers und der Glieder. Die ganze Haltung des Körpers während der Starre ist zumeist die, wie sie beim Tode gewesen war; die Stellung der Glieder ist der Resultirenden der verschiedenen Muskelanspannungen entsprechend. Hatten die Glieder vordem eine andere Lage, so sieht man oft dieselben beim Erstarren sich bewegen; namentlich beugen sich leicht die Arme und Finger (Sommer). Tritt in einzelnen Muskelgruppen die Starre besonders stark und schnell hervor, so kann durch diese eine auffallende Stellung erzeugt werden („Fechterstellungen" der Choleraleichen). Erfolgt die Starre sehr rapide, so verbleibt mitunter der Körper in derselben Stellung, in welcher er im Todesmomente gewesen (z. B. auf dem Schlachtfelde). Hierbei geht aber wohl nie der contrahirte Muskel sofort in die Starre über; dazwischen liegt, wenn auch nur eine sehr kurze Erschlaffung (Brücke).

Durch Eintauchen in siedendes Wasser „gebrühte" Muskeln erstarren nicht mehr; sie werden desgleichen weder mehr sauer (Du Bois-Reymond), noch entwickeln sie CO_2 (L. Hermann).

Analogie zwischen Contraction und Starre. L. Hermann hat auf die Analogien hingewiesen, welche zwischen dem Muskel in der thätigen Contraction und in der Starre sich zeigen: beide entwickeln ihre CO_2 und die übrige Säure aus derselben Quelle; — die Form des contrahirten und starren Muskels ist verkürzt und verdickt; beide sind verdichtet, weniger elastisch, entwickeln Wärme; der Inhalt des contrahirten wie des erstarrenden Muskels verhält sich negativ elektrisch gegen ruhenden oder nicht erstarrten Inhalt. Er ist daher geneigt, die Contraction als eine vorübergehende physiolo-

gisch sich wieder lösende Starre aufzufassen, während frühere Forscher die Starre gewissermassen als den letzten Lebensact der Muskeln bezeichneten.

Arbeit in der Starre. Der erstarrende Muskel zieht wie der lebendig sich contrahirende ein Gewicht empor. Die Hubhöhen des erstarrten Muskels fallen aber bei kleinen Gewichten grösser, bei schweren Lasten jedoch kleiner aus, als wenn der lebendige Muskel maximal gereizt wird (Walker).

Lösung der Starre. Fäulniss. Die Lösung der Todtenstarre erfolgt zunächst durch stärkere Säurebildung im Muskel, durch welche Eiweisskörper wieder gelöst werden. Weiterhin kommt es unter Vibrionenbildung zur Fäulniss bei ammoniakalischer und fauliger Gasentwicklung (darunter H_2S neben N und CO_2.

Der dem Eintritte der Starre voraufgehende Verlust der Beweglichkeit der Muskeln tritt in folgender Reihenfolge beim Menschen (geköpfte Verbrecher) ein: Linke Kammer, — Magen, Darm (bis 55 Minuten), Harnblase, — rechte Kammer (60 M.), — Oesophagus (90 M.), — Iris (105 M.), — Stammmuskeln, — untere Extremität, — obere Extremität, — linkes Herzohr, — rechtes Herzohr (pag. 79) (Nysten).

298. Erregbarkeit und Erregung des Muskels.

Wesen der Erregbarkeit und der Reize. Unter Erregbarkeit (Irritabilität) des Muskels versteht man die Fähigkeit desselben, auf Reize sich zu verkürzen. Die Erregung ist der Zustand der activen Thätigkeit (der sich unter normalen Verhältnissen zumeist als Verkürzung zu erkennen gibt), in welche der Muskel durch Reizmittel versetzt wird. Durch die Reize werden im Momente der Thätigkeit die chemischen Spannkräfte des Muskels in Arbeit und Wärme umgesetzt; sie wirken somit als auslösende Kräfte. — Die dem Körper eigene mittlere Temperatur wirkt am günstigsten auf die Erregbarkeit; mit zu- oder abnehmender Wärme sinkt die Erregbarkeit der Muskeln.

Ueber die Muskel-Irritabilität. Seit Alb. v. Haller glaubte man dem Muskel eine ihm (auch ohne Vermittelung der motorischen Nerven) eigenthümliche Erregbarkeit zusprechen zu müssen. Die Neuzeit versuchte dieser specifischen Muskelirritabilität weitere Stützen zu geben: — 1. Es gibt chemische Reizmittel, welche keine Bewegung veranlassen, wenn sie auf den motorischen Nerven gebracht werden, wohl aber, wenn sie direct den Muskel treffen: Ammoniak, Kalkwasser, Carbolsäure. — 2. Die Enden des M. sartorius vom Frosche, in denen das Mikroskop keine Nervenendigungen mehr nachzuweisen vermag, reagirt gleichwohl auf directe Reize durch Contractionen (Kühne). — 3. Curare lähmt die motorischen Nerven, während der Muskel selbst reizbar bleibt. Auch Einwirkung von Kälte, oder die Blutabsperrung vom Muskel bei einem Thiere vernichten die Reizbarkeit des Nerven, nicht zugleich die des Muskels. — 4. Mitunter wirken elektrische Reize nur auf den Nerven, nicht auf die Muskeln selbst (Brücke).

Die ganze Frage nach der specifischen Irritabilität der Muskelsubstanz ist durch die neueren Untersuchungen Gerlach's über die Endigungen der motorischen Nerven in den Muskeln in ein ganz anderes Stadium getreten. Seitdem hierdurch auf die interfibrilläre Verzweigung durch die ganze Muskelfaser hingewiesen ist, kann eigentlich von einer isolirten Reizung des Muskels nicht wohl mehr die Rede sein: alle Reize, welche den Muskel treffen, afficiren in ihm auch zugleich den Nerv, denn der Muskel ist selbst eigentlich nur das Endorgan des motorischen Nerven. — Auch bei niederen Thieren [Hydra, (Kleinenberg), Medusen (Eimer)], fand man einzellige Gebilde: „Neuromuskelzellen", bei denen Nerven- und Muskelsubstanz in demselben zelligen Gebilde zugleich vertreten ist.

Die Reize:

Ueber die auf die Muskeln wirksamen Reize ist zu bemerken:

Der Normalreiz.

1. Der im gewöhnlichen Zustande auf den Muskel durch die Bahn seines Nerven einwirkende Normalreiz (willkürliche Bewegung; automatischer Bewegungsimpuls; reflectorische Anregung), dessen Natur unbekannt ist.

Chemische Reize.

2. Chemische Reize. Nach Kühne wirken Mineralsäuren (Salzsäure 0,1%); Essigsäure, Oxalsäure; die Eisen-, Zink-, Kupfer-, Silber-, Blei-Salze; Galle (Budge), sämmtlich schon in schwacher Verdünnung auf den Muskel reizend, erst in viel stärkerer Lösung auf den Nerven. — Milchsäure und Glycerin reizen concentrirt nur den Nerven, verdünnt nur den Muskel. — Die neutralen Alkalisalze wirken auf Muskel und Nerv gleich stark, Alkohol und Aether gleich schwach. — Wasser wirkt in die Muskelgefässe eingespritzt fibrilläre Zuckungen erregend (v. Wittich). — Kochsalzlösung von 0,6% ist der Muskelsubstanz gegenüber selbst nach tagelanger Einwirkung indifferent (O. Nasse).

Bei Versuchen über die chemische Reizung der Muskeln ist es unstatthaft, den Querschnitt des Muskels in das gelöste Agens einzutauchen (Hering, vgl. Muskelstrom). Man muss vielmehr die Substanz in Lösung auf eine umschränkte Stelle der unverletzten Oberfläche des Muskels bringen. Es verräth sich dann schon nach wenigen Secunden die Reizung durch Contraction oder durch fibrilläre Unruhe der obersten Muskelschichten (Hering).

Thermische Reize.

3. Thermische Reize. Erwärmt man den ausgeschnittenen Froschmuskel schnell, so tritt gegen 25° C. eine allmählich zunehmende Verkürzung ein, die bei 30° C. stärker hervortritt und bei 45° C. ihr Maximum erreicht (Eckhard, Schmulewitsch); im letzteren Falle schliesst sich an die Erwärmung schnell die Wärmestarre. Der auf 0° abgekühlte und hierbei auf mechanische Reizung sehr erregbare Froschmuskel (Grünhagen) wird von Kältegraden unter 0° (bis zur Einfrierung) erregt (Eckhard).

Mechanische Reize.

4. Mechanische Reize jeder Art bringen (wie auch am Nerven) bei jedem Insulte eine Zuckung hervor.

Elektrische Reize.

5. Die elektrischen Reize werden bei den Nervenreizen behandelt werden. —

Wirkung des Pfeilgiftes Curare.

Curare, das Pfeilgift der Indianer Südamerikas (eingetrockneter Saft von (?) Strychnos toxifera) bewirkt, wenn es in das Blut gebracht oder subcutan einverleibt wird, zuerst Lähmung der intramusculären Enden der motorischen Nerven (die Muskeln selbst bleiben reizbar), während noch die sensiblen, die der Centralorgane und der Eingeweide (Herz, Darm) und der Gefässe zunächst unversehrt bleiben (Kölliker, Cl. Bernard). Bei Warmblütern bewirkt die Lähmung der Athemmuskel natürlich baldigst Erstickung, die ohne Krämpfe erfolgen muss. Frösche, bei denen die Haut das wichtigste Respirationsorgan ist, können bei passender Dosis sich nach tagelanger Regungslosigkeit (während welcher das Gift durch den Harn eliminirt wird) völlig wieder erholen (Kühne, Bidder). Bei etwas grösseren Dosen werden auch die herzhemmenden Vagusfasern gelähmt. Bei den elektrischen Fischen erfolgt Lähmung des den elektrischen Schlag auslösenden Nerven (Marey). Bei Fröschen werden auch die Lymphherzen gelähmt. Werden die subcutan bereits tödlich wirkenden Dosen vom Magen aus verabreicht, so erfolgt keine Vergiftung (Cl. Bernard, Kölliker), weil in demselben Masse, als es von der Magenschleimhaut resorbirt wird, eine Ausscheidung durch die Nieren statthat. (Aus diesem Grunde ist auch das Fleisch der mit den vergifteten Pfeilen erlegten Thiere unschädlich.) Werden

jedoch die Harnleiter unterbunden, so sammelt sich das Gift im Blute, und die Vergiftung erfolgt (L. Hermann). Starke Dosen tödten aber auch unverletzte Thiere vom Darme aus. — Nerven (Funke) und Muskeln (Valentin) der Vergifteten zeigen grössere elektromotorische Wirksamkeit.

299. Gestaltveränderung des thätigen Muskels.

I. Makroskopische Erscheinungen. — 1. Die älteste bereits von Erasistratus (304 v. Chr.) gemachte Beobachtung über die Formveränderung des thätigen Muskels ist die, dass derselbe sich verkürzt unter gleichzeitiger Zunahme seiner Dicke.

Verkürzung und Verdickung des contrahirten Muskels.

Der Grad der Verkürzung, welche bei sehr reizbaren Fröschen bis gegen 50% bis 72% ihrer ganzen Länge betragen kann, ist von verschiedenen Momenten abhängig: — a) bis zu einem gewissen Grade hat eine Verstärkung des Reizes einen höheren Grad der Verkürzung zur Folge; — b) mit zunehmender Ermüdung nach anhaltender angestrengter Thätigkeit erfolgt bei gleicher Reizstärke eine geringere Verkürzung; — c) die Temperatur der Umgebung erweist sich insofern von Einfluss, als der Froschmuskel (gleiche Reizstärke und gleichen Ermüdungsgrad vorausgesetzt) bis zu 33° C. erwärmt, sich um so beträchtlicher verkürzt. Wird die Wärmezunahme darüber hinaus gesteigert, so nimmt der Verkürzungsgrad wiederum ab. (Schmulewitsch).

2. Der sich contrahirende Muskel nimmt in seinem Volumen etwas ab (Swammerdam † 1680), dem entsprechend nimmt das specifische Gewicht des contrahirten Muskels um etwas zu; es verhält sich zu dem des nicht contrahirten (Murmelthier-) Muskels wie 1062 : 1061 (Valentin). Die Volumensabnahme betrug nur $\frac{1}{1370}$.

Verdichtung der Muskelsubstanz.

Swammerdam brachte einen Froschschenkel in ein lufthaltiges Glasrohr, welches in ein dünnes Röhrchen ausgezogen war, innerhalb dessen sich ein kleines Tröpfchen befand. Der Nerv war durch eine kleine enge seitliche Oeffnung hindurch nach aussen geleitet. Mechanische Reizung des heraushängenden Nerven bewirkte Zuckung des Schenkels und ein Niedergehen des kleinen Tröpfchens.

In analoger Weise brachte Erman reizbare Stücke vom Aal in ein mit indifferenter Flüssigkeit gefülltes ähnliches Rohr. Die Flüssigkeit ragte in ein dünnes mit dem Glasbehälter communicirendes Röhrchen bis zu einer bestimmten Stelle hinauf.

Wurde die Aalmusculatur zur Contraction gebracht, so sank die Flüssigkeit. — Ich pflege die Volumensverkleinerung des contrahirten Muskels durch die manometrische Flamme zu demonstriren: der die Muskeln bergende Glasbehälter communicirt an einer Stelle mit einem Gasleitungsrohr, an einer anderen Stelle geht daraus ein dünnes Glasröhrchen hervor, an dessen Oeffnung man ein kleines Flämmchen (bei geringem Gasdruck) entzündet. Jede auf elektrische Reizung erfolgende Muskelzuckung verkleinert die Flamme. Legt man ein schlagendes Herz in die Gaskammer, so geht jeder Schlag mit einer Verkleinerung der Flamme einher.

3. Unter normalen Verhältnissen pflegen alle den motorischen Nerven und den Muskel treffenden Reize denselben in allen seinen Fasern zur Contraction zu bringen. Der Muskel leitet also die ihm zuertheilte Erregung überall nach allen Fasern hin. Es werden jedoch nach zwei Richtungen hin Ab-

Totale und partiale Contraction.

Nicht fortschreitende locale Contraction. weichungen beobachtet, nämlich: — a) bei hochgradiger Ermüdung oder bei eintretendem Absterben des Muskels ruft eine auf eine beschränkte Stelle des Muskels angebrachte (zumeist mechanische) Reizung nur an dieser allein eine Contraction hervor, so dass sich hier eine localisirte Verdickung der Fasern zeigt [Schiff's „ideomusculäre Contraction"]. Merkwürdiger Weise zeigt sich dieselbe Erscheinung auch, wenn man mit einer stumpfen Kante quer auf den Faserverlauf eines Muskels vom gesunden Menschen schlägt (Auerbach). — b) Unter gewissen, zum Theil noch nicht näher bekannten Bedingungen erkennt man, dass der Muskel sogenannte fibrilläre Zuckungen zeigt, d. h. dass wechselweise durch die verschiedenen Bündel des Muskels kurze Contractionen hindurchzucken. So zeigt es sich in den Zungenmuskeln des Hundes nach Durchschneidung des N. hypoglossus (Schiff); in den Gesichtsmuskeln nach Durchschneidung des N. facialis.

Fibrilläre Zuckungen.

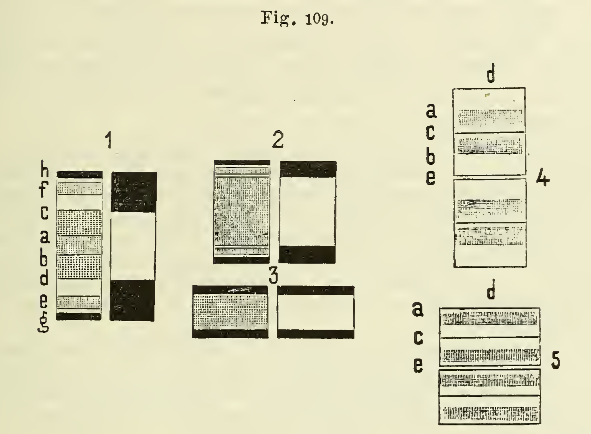
Die Erscheinung tritt erst einige Tage nach der Durchschneidung ein, und kann Monate lang andauern. Sie ist wahrscheinlich ein Zeichen der in dem peripheren Nervenstumpf fortschreitenden Entartung, durch welche die Nerventheilchen in eine so erhöhte Erregbarkeit gesetzt werden, dass schon leichte sonst unwirksame physiologische Reize, wie Blutlauf und Ernährungsvorgänge zur Auslösung motorischer Reactionen genügen (Eulenburg). Auch beim Menschen hat man unter krankhaften Verhältnissen Aehnliches beobachtet. Mitunter sieht man hier aber fibrilläre Zuckungen ohne sonstige Zeichen pathologischer Störungen.

Mikroskopische Beobachtung der Contraction der Fibrillen und der Muskelelemente.

II. Mikroskopische Erscheinungen. — 1. Die einzelnen Fibrillen des Muskels zeigen dieselben Erscheinungen wie der gesammte, indem sie sich nämlich verkürzen und verdicken. — 2. Besondere Schwierigkeiten bereitet die Beobachtung der einzelnen Muskelelemente. Zunächst steht fest, dass dieselben während der Contraction sämmtlich niedriger und von grösserem Durchmesser werden. Hierdurch ist es von selbst einleuchtend, dass die Querstreifung dichter aneinander gerückt erscheinen muss. — 3. Was nun endlich das Verhalten der doppeltbrechenden (anisotropen) und der einfach brechenden (isotropen) Substanz anbetrifft, so haben sich hierüber die Anschauungen noch nicht vereinigt. In Figur 109 4 sind zwei Muskelelemente in der Ruhe; — in 5 zwei in der Contraction nach Merkel verzeichnet. Die graupunktirten Felder sind die doppeltbrechende Substanz, c ist die Mittelscheibe. Nach Merkel ändert bei der Contraction die doppeltbrechende Substanz ihre Lage: sie verlässt die Mitte des Elements (die beiden Flächen der Hensen'schen Mittelscheibe (4. c) und lagert sich der Endscheibe an (5 bei e und a), während die einfach brechende Substanz die Endscheibe (4. e und d) verlässt und sich auf die beiden Flächen der Mittelscheibe auflegt (5. c). Dieser gegenseitige Ortswechsel der einfach- und doppeltbrechenden Substanz wird in einander übergeführt durch ein intermediäres „Stadium der Auflösung", in welchem der ganze Inhalt

des Elementes gleichmässig homogen erscheint (Montgomery), in welchem also die flüssige einfachbrechende Substanz die doppeltbrechende gleichmässig imbibirt hat. In diesem Momente sind nur die Endscheiben noch sichtbar. — Engelmann ist zum Theil zu entgegengesetzter Anschauung gelangt.

Fig. 109.



Die mikroskopischen Erscheinungen der Muskelcontraction an den einzelnen Elementen der Fibrille: — 1, 2, 3 nach Engelmann; — 4, 5 nach Merkel.

Figur 109 1 stellt nach Engelmann links ein ruhendes Muskelelement dar; von c bis d reicht die doppeltbrechende contractile Substanz, in deren Mitte die Mittelscheibe a b liegt; — h und g sind die Endscheiben. Ausserdem liegt noch in der einfachbrechenden hellen Schicht je eine (nur bei Insectenmuskeln vorkommende) „Nebenscheibe" f und e (die nur wenig doppeltbrechend ist). Figur 1 rechts zeigt dasselbe Element in polarisirtem Lichte, wobei der mittlere Bereich des Elementes (soweit die eigentliche contractile Substanz reicht) wegen der Doppelbrechung hell, der übrige Theil des Muskelelementes wegen der Einfachbrechung schwarz erscheint. — Figur 109 2 ist das Uebergangsstadium — und 3 das eigentliche Contractionsstadium des Muskelelementes, beide links im gewöhnlichen Lichte, rechts im polarisirten.

Nach Engelmann wird während der Contraction (3) die einfachbrechende Schicht im Ganzen stärker lichtbrechend, die doppeltbrechende schwächer. In Folge hiervon kann die Faser bei einem gewissen Grade der Verkürzung (2) bei Betrachtung im gewöhnlichen Lichte homogen, nur wenig deutlich quergestreift erscheinen: homogenes oder Uebergangsstadium (Merkel's Stadium der Auflösung). Bei noch weitergehender Verkürzung (3) treten wieder sehr deutliche dunkle Querstreifen auf, welche den einfachbrechenden Lagen entsprechen.

Auf jeder Stufe der Verkürzung, also auch im Uebergangsstadium, sind die einfach- und doppeltbrechenden Schichten mittelst des Polarisationsapparates als scharf begrenzte, regel-

mässig alternirende Lagen nachweisbar (in 1, 2, 3 rechts). Dieselben vertauschen bei der Contraction ihren Platz im Muskelfache nicht. Die Höhe beider Schichten nimmt während der Zusammenziehung ab, und zwar die der einfachbrechenden sehr viel schneller, als die der doppeltbrechenden. Das Gesammtvolumen eines jeden Elementes ändert sich während der Contraction nicht nachweisbar. Es nehmen also die doppeltbrechenden Schichten auf Kosten der einfachbrechenden an Volumen zu. Hieraus folgt, dass bei der Contraction Flüssigkeit aus der einfach- in die doppeltbrechende Schichte übertritt: erstere schrumpft, letztere quillt.

Methode der Beobachtung. Die Beobachtung der hier vorliegenden Erscheinungen gelingt am besten so, dass man lebende Muskelfibrillen (von Insecten) in den verschiedenen Stadien von Ruhe oder Contraction durch plötzliches Benetzen mit Alkohol oder verdünnter Ueberosmiumsäure plötzlich zur Gerinnung bringt und die Stadien so fixirt. — Man kann aber auch die Bewegung selbst unter dem Mikroskope verfolgen, entweder dadurch, dass man den ausgebreiteten dünnen Muskel elektrisch reizt, — oder besser noch, indem man die selbstständigen Muskelcontractionen an durchsichtigen Insectentheilen (z. B. im Kopfe der Mückenlarven), beobachtet.

Spectrum des Muskels. Ein dünner ausgebreiteter Muskel, z. B. der Sartorius vom Frosche, gibt (wie ein Nobert'sches Glasgitter), wenn man durch einen engen Spalt, der dicht vor den Fasern gehalten wird, (wobei der Spalt den Faserverlauf rechtwinkelig schneidet) Licht einfallen lässt, ein doppeltes Spectrum. Contrahirt sich der Muskel, etwa durch mechanische Reizung, so verbreitert sich das Spectrum (Ranvier).

Nach einer älteren Darstellung (Prevost und Dumas) sollten sich die Muskelfasern bei der Contraction in zarte Zickzacklinien legen. Letztere entstehen aber thatsächlich erst nach der Contraction dann, wenn der Muskel nicht hinreichend wieder gedehnt wird, wie es beim Liegen auf dem Objectträger der Fall ist (Weber).

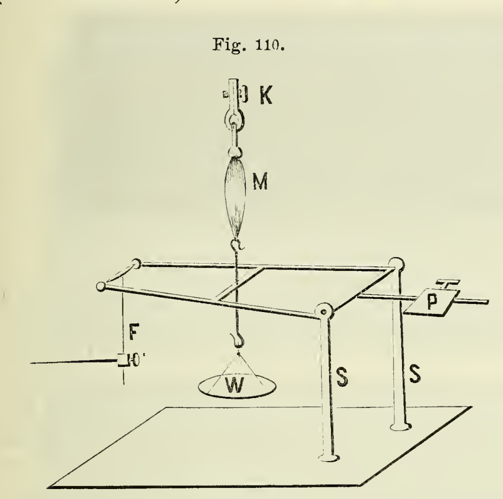
300. Zeitlicher Verlauf der Muskelcontraction.

Die einfache Zuckung. I. Trifft den Muskel ein einmaliger Reiz von nur momentaner Dauer, so vollführt er eine einfache Zuckung, d. h. er verkürzt sich schnell und kehrt auch rasch in den erschlafften Zustand wieder zurück.

Das Myographium. Um den zeitlichen Verlauf der Zuckung festzustellen construirte Helmholtz das Myographium (Fig. 110). Der an seinem oberen Ende befestigte (K) frei niederhängende Muskel (M) ist mit seinem unteren Ende an einem (nach Art einer Wippe construirten) Hebel (der durch Gewichte (W) beliebig belastet werden kann) befestigt, den er bei seiner Verkürzung empor hebt. Von dem freien Ende des Hebelarmes hängt im Charniergelenk ein Schreibstift (F) nieder, welcher auf der berussten Fläche eines mit gleichmässiger Geschwindigkeit an dem Schreibstifte sich (mit Hilfe eines Uhrwerkes) vorbeibewegenden Cylinders die Bewegung des unteren Muskelendes einkratzt. So schreibt der Muskel selbst seine „Zuckungscurve", an welcher die Abscissen die Zeiteinheiten (die bei der bekannten Rotations - Geschwindigkeit des Cylinders in einer Secunde

bekannt sind), die Ordinaten den Grad der (dem betreffenden Zeitmomente entsprechenden) Verkürzung darstellen. — Ad. Fick lässt die zur Aufzeichnung bestimmte Platte an einem Pendel befestigt vor dem Schreibstifte schnell vorbeischwingen („Pendelmyographium). Entsprechend der anfangs gleichmässig beschleunigten, später gleichmässig retardirten Bewegung des Pendels wird die Curve für jeden Zeitabschnitt wechselnd grosse Abscissenlängen aufweisen müssen. — Auch eine schnell rotirende Kreiselfläche kann zur Aufzeichnung der myographischen Curve benutzt werden (J. Rosenthal). Es ist bei diesen Vorrichtungen die Einrichtung getroffen, dass neben der Curve selbst das Moment des Reizes markirt wird.

Fig. 110.



Schema des Myographium's von Helmholtz. — *M* der (bei *K* befestigte) Muskel. — *F* der von der emporzuhebenden Wippe niederhängende Schreibstift. — *P* ein zur Aequilibrirung dienendes Laufgewicht. — *W* Schale zur beliebigen Belastung des Muskels. — *SS* Säulen, welche die Hebelwippe tragen.

Ich finde es zweckmässig die Curve auf der schwingenden Platte einer Stimmgabel zeichnen zu lassen (vgl. Fig. 112, 1). Sie trägt alsdann die Zeiteinheiten (jede ganze Schwingung=0,01613 Secunden) in allen ihren Theilen selbst eingeschrieben. Das Moment der Reizung ist der Beginn der Vibration der Gabel (die anfangs eine Strecke ohne zu schwingen seitlich fortbewegt wird), die dadurch erfolgt, dass eine abgerissene Klammer zugleich durch Oeffnung eines Kettenstromes einen Inductions- (Oeffnungs-) Schlag der secundären Spirale durch den Muskel hindurch sendet.

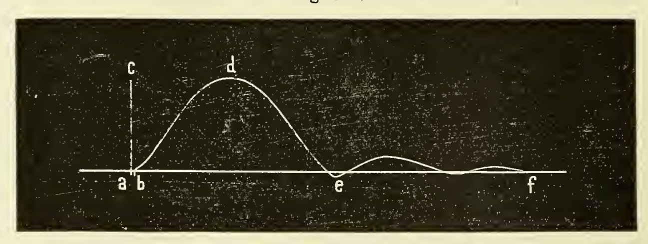
Auch beim Menschen kann man Muskelzuckungen verzeichnen lassen, wobei man am besten die Verdickung bei der Contraction entweder auf ein Hebelwerk überträgt oder auch auf eine compressible Ampulle, wie etwa auf die des Brondgeest'schen Pansphygmographen (pag. 131).

Latente Reizung.

An der myographischen Curve (welche der Muskel, der nur seinen leichten Schreibhebel zu tragen hat und durch keine anderen angehängten Gewichte „überlastet" ist, schreibt) lassen sich die folgenden Einzelheiten erkennen: 1. Das Stadium der latenten Reizung (Fig. 111 a b) (Helmholtz), welches darin besteht, dass der Muskel nicht im

Momente des Reizes selbst, sondern stets etwas später seine Zuckung beginnt. Es dauert, wenn der ganze Muskel direct von dem momentanen Reize (etwa Oeffnung-Inductionsschlag) getroffen wurde, ungefähr 0,01 Secunde. [Bei glatten Muskeln kann die latente Reizung einige Secunden dauern.] — 2. Vom Beginn der Contraction bis zur Höhe der Verkürzung (b d) zieht sich der Muskel anfangs langsamer, dann schneller, und schliesslich gegen das Ende der Verkürzung hin wieder minder

Fig. 111.



Die myographische Curve.

langsam zusammen, so dass der aufsteigende Curvenschenkel somit die Gestalt eines ∫ erhält: (Stadium der steigenden Energie, das etwa 0,03—0,04 Secunden dauert. Dasselbe dauert um so kürzer, je kleiner die Verkürzung (schwacher Reiz), je geringer die zu hebende Last und je unermüdeter der Muskel ist). — 3. Von dem Höhepunkte der Verkürzung dehnt sich weiterhin der Muskel wieder: anfangs langsamer, dann schneller und endlich wieder langsamer, so dass also die umgekehrt-∫-förmige Gestalt des absteigenden Curvenschenkels daraus resultirt: (Stadium der sinkenden Energie (d e), meist etwas kürzer als 2. verlaufend). — 4. Nachdem der absteigende Curvenschenkel verzeichnet ist, erfolgen noch einige Nachschwankungen (von e bis f), herrührend von der Elasticität des Muskels, die sich ganz allmählich verlieren: (Stadium der elastischen Nachschwingungen). Trifft der Schlag den motorischen Nerven anstatt des Muskels, so ist die Zuckung um so grösser (Pflüger) und dauert um so länger (Wundt), je höher zum Rückenmarke hin am Nerven gereizt wurde.

Steigende Energie.

Sinkende Energie.

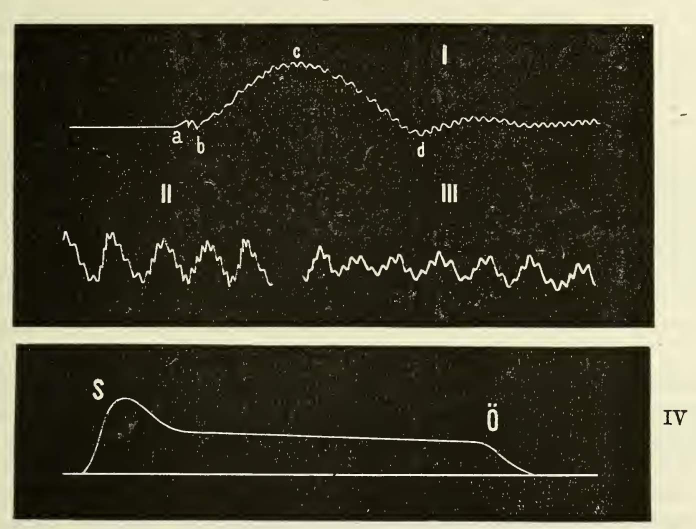
Zuckung des „überlasteten" Muskels.

Es ist bis dahin angenommen, dass der Muskel nur durch den leichten Schreibhebel, den er beim Verzeichnen der Curve zu heben hat, belastet ist. Hängt man jedoch weitere Gewichte an den Hebel, die (in der Ruhe unterstützt) bei der Contraction getragen werden müssen, so ist der Verlauf der Contraction ein anderer. Mit steigender „Ueberlastung" verzögert sich nämlich der Eintritt der Contraction. Dies rührt daher, weil der Muskel vom Momente der Reizung an erst soviel Verkürzungskraft ansammeln muss, als zur Hebung des Gewichtes erforderlich ist. Je grösser das Gewicht wird, um so längere Zeit dauert es, bis die Hebung erfolgt. Endlich kommt man zu einem Ueberlastungsgrad, in welchem ein Erheben überhaupt nicht mehr möglich ist; dies zeigt die Grenze an, bis zu welcher die Energie sich geltend machen kann (Helmholtz).

Einfluss der Ermüdung.

Ist der Muskel durch wiederholte Reizungen ermüdet, so wird das Stadium der latenten Reizung grösser, die Curve bleibt niedriger (Volkmann) (weil die Verkürzung des Muskels geringer ist), die Abscissenlänge nimmt jedoch zu (Valentin) (weil der Muskel langsamer zuckt). Aehnlich wirkt Abkühlung des Muskels. — O. Soltmann machte die Beobachtung, dass sich ganz ähnlich auch die Muskeln Neugeborener verhalten. Die Zuckungscurve zeigt flache Gipfel und erhebliche Streckung zumal im absteigenden Schenkel. — Bleibt der Muskel (möglichst von äusseren Schädlich-

Fig. 112.



I Zuckung eines ermüdeten Wadenmuskels vom Frosche auf schwingender Stimmgabelplatte (Vgl. pg. 155) verzeichnet; [jedes Zähnchen = 0,01613 Secunde]. — *a b* latente Reizung, — *b c* Stadium der steigenden Energie, — *c d* Stadium der sinkenden Energie. — *II* Schnellste schreibartige Bewegung der rechten Hand auf schwingender Stimmgabelplatte. — *III* Schnellste tetanische Zitterbewegung des rechten Vorderarmes auf derselben Platte verzeichnet. — *IV.* Myographische Curve bei Schliessung und Oeffnung des Stromes am Muskel selbst (nach Wundt).

keiten ungetroffen) mit dem Körper vereint, so kann die latente Reizung sogar bis auf 0,005 verkürzt werden (Place). — Das gleichzeitige Durchströmen eines Muskels oder seines Nerven von einem constanten elektrischen Strome, während durch Reize die Zuckungen bewirkt werden, ist ohne allen Einfluss (v. Bezold).

Zuckung durch den constanten Strom.

Wird der Nerv des Muskels durch Schliessen oder Oeffnen eines constanten Stromes gereizt, so gleicht die Muskelzuckung völlig der vorhin besprochenen. Wird jedoch an dem Muskel selbst direct der Strom geschlossen und geöffnet, so zeigt sich während des Geschlossenseins ein gewisses Mass dauernder Verkürzung, so dass

die Curve die Form von Fig. 112, IV annimmt, an welcher bei S die Schliessung und bei O die Oeffnung des Stromes stattfand (Wundt).

Ganz kleine Curaregaben erhöhen die Zuckungen (die durch Reizung des Nerven erzielt sind), weitere Dosen wirken erniedrigend bis völlig lähmend. Guanidin wirkt ähnlich bei grösseren Gaben, zugleich blieb das Maximum der Verkürzung länger bestehen. Passende Veratrindosen erhöhen ebenfalls die Zuckungen, dabei ist das Stadium der Wiederausdehnung auffallend verlängert (Rossbach und Clostermeyer). Nach Chinin zeigt sich ebenfalls anfänglich eine Steigerung der Muskelverkürzung (Schtschepotjew).

Zuckung glatter Muskeln.

Die Zuckungscurven glatter Muskeln sind denen der quergestreiften zwar ähnlich, doch erfolgt die Zusammenziehung sichtlich träger und in langsamem Verlaufe. Auch manche quergestreiften Muskeln, z. B. die „rothen" des Kaninchens, die Muskeln der Schildkröten, der Schliessmuskel der Muscheln, sowie das Herz (vgl. pag. 95) reagiren ähnlich. — Die Muskeln fliegender Insecten contrahiren sich äusserst schnell, mehr denn 100mal in einer Secunde (H. Landois).

Der „Verkürzungsrückstand".

Der durch den Reiz verkürzte Muskel geht in den Zustand der ursprünglichen Länge nur dann wieder zurück, wenn ein (durch angehängte Gewichte) hinreichender dehnender Zug auf ihn ausgeübt wird (Kühne). Anderen Falls bleibt eine gewisse „Contractur" (Tiegel) oder „Verkürzungsrückstand" (L. Hermann) an demselben zurück. Dieser ist namentlich deutlich ausgeprägt an Muskeln, die stark vorher gereizt, hochgradig ermüdet (Tiegel), stärker sauer, oder mit Veratrin vergifteten Thieren entnommen sind (v. Bezold).

Schnellste zuckende Bewegung beim Menschen.

Beim Menschen können einzelne zuckende Bewegungen der Muskeln mit grosser Schnelligkeit ausgeführt werden. Die zeitliche Bestimmung hiebei gelingt am einfachsten, wenn man die betreffende Bewegung auf die schwingende Stimmgabelplatte überträgt. In Fig. 112 stellt II die schnellste Bewegung dar, die ich willkürlich mit der rechten Hand wie beim Schreiben hintereinander folgender nn ausführen konnte: es fallen auf jeden auf- und abgehenden Zug der Bewegung gegen 3,5 Schwingungen (1 = 0,01613 Secunden) = 0,0564 Secunden. — In III liess ich den rechten Arm tetanisch zitternd auf der Stimmgabelplatte seitlich hin und her vibriren: hier fallen auf die hin- und hergehende Bewegung 2—2,5 Schwingungen = 0,0323 bis 0,0403 Secunden.

Wirkung zweier Schläge.

II. Treffen zwei an sich momentane Schläge nach einander den Muskel, und zwar: — (A) 2 Schläge, deren jeder bereits für sich eine maximale Zuckung hervorrufen würde, so ist der Effect verschieden je nach der Zeit, welche zwischen den beiden Schlägen verläuft. Erfolgt nämlich: — a) der zweite Schlag, nachdem der Muskel sich von dem ersten her bereits wieder verlängert hat, so erfolgt einfach eine zweite maximale Zuckung. — b) Befindet sich jedoch der Muskel von der Wirkung des ersten Schlages her noch in einer Phase der Verkürzung oder Wiederverlängerung, so erfolgt durch den zweiten Schlag eine neue maximale Verkürzung aus der zur Zeit bestehenden Phase der Verkürzung heraus. —

c) Wenn endlich der zweite Schlag so schnell auf den ersten folgt, dass beide noch in das Stadium der „latenten Reizung" fallen, so erfolgt nur eine maximale Zuckung.

(B) Sind jedoch die beiden Schläge nur von mässiger, keine maximale Verkürzung bewirkender Stärke, so addiren sich die Effecte beider. Befindet sich der Muskel im Momente der Verkürzung durch den ersten Schlag, so erzeugt der zweite Schlag eine Wirkung der Art, als wäre die Phase der Verkürzung durch den ersten Schlag die natürliche Ruheform des Muskels (Helmholtz). — Beide Effecte addiren sich auch dann, wenn der zweite Schlag noch in die Zeit der latenten Reizung fiel.

Wirkung gehäufter Schläge.

III. Treffen den Muskel ziemlich schnell auf einander folgende Schläge, so hat derselbe keine Zeit, in den Zwischenpausen sich wieder zu verlängern. Er verharrt daher in einer (der Schnelligkeit der sich folgenden Schläge entsprechenden) stossweise erzitternden anhaltenden Verkürzung, welche Tetanus genannt wird. Der Tetanus (Starrkrampf) ist also kein continuirlicher gleichartiger Verkürzungszustand, sondern eine discontinuirliche, aus gehäuften Zuckungen resultirende Bewegungsform. Alle in unserem Körper hervorgebrachten länger dauernden Bewegungen sind als solche tetanische zu betrachten (Ed. Weber).

Tetanus.

Von der unter normalen Verhältnissen im intacten Körper auftretenden tetanischen Zusammenziehung ist zwar bis jetzt nicht sicher bewiesen, dass sie sich aus einzelnen aneinander gereihten Zuckungen zusammensetzt (da von ihr kein secundärer Tetanus ausgeht [siehe diesen]. Auch das Muskelgeräusch kann nicht mehr als sicherer Beweis für die oscillatorische Bewegung im Tetanus gelten, da nach Helmholtz das Geräusch mit dem Resonnanzgeräusche des Ohres übereinstimmt) (Hering und Friedrich). Trotz des noch fehlenden Beweises ist es doch wahrscheinlich, dass auch die willkürlich dauernde Contraction beim Menschen sich aus einer Reihe schnell hinter einander erfolgender einzelner Zuckungen zusammensetzt. Denn jede noch so stetige Bewegung lässt bei genauer Beobachtung ein intermittirendes Schwanken erkennen, das beim Zittern den Höhepunkt erreicht. Durch Summation einzelner Erregungen wird der sich langsam contrahirende Muskel allmählich bis zu dem erwünschten Grade der Verkürzung gebracht. Eine genaue Abmessung der Bewegungsgrösse pflegen wir durch Erzeugung von Widerständen durch Antagonisten zu bewirken, wie die Beobachtung magerer musculöser Leute zeigt (Brücke).

Verschiedene Erscheinungen beim Tetanus.

Beim Froschmuskel sind durchschnittlich 15 hintereinander erfolgende Schläge in 1 Secunde erforderlich, um Tetanus zu erzeugen (beim M. hyoglossus nur 10, — beim M. gastrocnemius 20 Schläge); — auch sehr schwache Schläge über 20 in 1 Secunde bewirken den Tetanus (Kronecker); Schildkrötenmuskeln verfallen schon bei 3 Schlägen in 1 Secunde in Tetanus; rothe Kaninchenmuskeln bei 10, weisse bei über 20, — Vogelmuskeln noch nicht einmal bei 70 Schlägen (Marey). — Der tetanisirte Muskel kann bei gleichbleibender Schlagfolge sich nicht auf die Dauer in gleicher Verkürzung erhalten. Vielmehr verlängert er sich in Folge der eintretenden Ermüdung etwas und zwar anfänglich schneller, später langsamer. Hört der tetanisirende Reiz auf, so gewinnt er nicht sofort wieder seine natürliche Länge wieder, vielmehr verbleibt ihm für die nächste Dauer ein gewisser (namentlich nach anhaltenden Inductionsschlägen evidenter) Verkürzungsrückstand.

O. Soltmann fand, dass weisse Kaninchenmuskeln vom Neugeborenen bereits bei 16 Schlägen in 1 Secunde in Tetanus verfallen, und dass der so erzeugte Tetanus dem ermüdeter Ausgewachsener glich. Hierdurch erklärt sich der leichte Eintritt von Starrkrampf bei Neugeborenen.

Curarisirte Muskeln verfallen bisweilen auf momentane Reize in eine tetanische Contraction (Kühne, Hering).

Schnellste Reize. IV. Treffen sehr schnell nach einander die Inductionsschläge den Muskel, so soll der Tetanus nach der „Anfangszuckung" (Bernstein) wieder aufhören (Harless, Heidenhain).

Diese Angabe ist jedoch von Kronecker und Stirling bestritten worden, welche noch bei über 24.000 Schlägen in 1 Secunde Tetanus sahen; nach ihnen scheint für den Muskel die obere Frequenz elektrischer Reize, die noch Tetanus erzeugen, nahe der Grenze zu liegen, wo auch mit anderen Rheoskopen Stromschwankungen nicht mehr wahrnehmbar sind.

301. Fortpflanzungs-Geschwindigkeit der Contraction im Muskel.

Verlauf der Contractionswelle. 1. Wird ein längerer Muskel an seinem einen Ende gereizt, so entsteht an dieser Stelle eine Contraction, welche von hier aus schnell einer Welle vergleichbar über die ganze Länge des Muskels hinweg bis zu dessen anderm Ende hin verläuft. Die Erregung wird also vermöge eines besonderen Leitungsvermögens des Muskels für den Contractionszustand nach und nach allen hinter einander liegenden Muskeltheilchen mitgetheilt. Die Contractionswelle verläuft im Mittel beim Frosche mit einer Geschwindigkeit von 3—4 M. in einer Secunde durch den Muskel (nach Bernstein 3,869 M.); beim Kaninchen von 4—5 Meter (Bernstein und Steiner).

Methode der Untersuchung. Zur Ermittelung dieser Bewegungserscheinung legte Aeby (1860) quer über den Anfang und das Ende eines längeren Muskels je einen Schreibhebel; beide werden durch die bei der Contraction der betreffenden Muskelstelle entstehende Verdickung des Muskels gehoben und zeichnen die Bewegung übereinander auf die Kymographiumtrommel. Wird nun das eine Ende des Muskels gereizt, so hebt die durch den Muskel schnell verlaufende Contractionswelle zuerst den näher, dann den ferner liegenden Hebel. Da die Schnelligkeit, mit welcher sich die Trommel dreht, bekannt ist, so berechnet man leicht aus dem Abstande der Erhebungen der beiden Zeichenhebel die Schnelligkeit der Fortpflanzung der Contractionswelle in der geprüften Strecke.

Contractionsdauer, Die der Abscissenlänge der (von jedem Zeichenhebel verzeichneten) Curve entsprechende Zeit ist gleich der Dauer der Contraction dieser Stelle des Muskels (nach Bernstein 0,053—0,098 Secunden). Dieser Werth multiplicirt mit der gefundenen Fortpflanzungs-Geschwindigkeit der Contractionswelle im Muskel gibt die *Wellenlänge.* Wellenlänge der Contractionswelle (= 206—380 Mm.).

Einflüsse. Kälte, Ermüdung, allmähliches Absterben vermindern die Schnelligkeit und die Höhe der Contractionswelle; dahingegen ist die Grösse des Reizes und das Mass etwaiger Belastung des Muskels auf die Schnelligkeit der Welle ohne Einfluss (Aeby).

Mehrere Contractions-Wellen.

2. Wird ein längerer Muskel in der Mitte local gereizt, so verläuft von der Reizstelle aus nach beiden Enden hin je eine Contractionswelle (die im Uebrigen dieselben vorhin besprochenen Eigenschaften besitzt). Werden zwei oder mehrere Stellen des Muskels gleichzeitig gereizt, so geht von jeder die Wellenbewegung aus.

Reizung vom Nerven aus.

3. Trifft ein Reiz den motorischen Nerven des Muskels, so wird derselbe einer jeden Muskelfaser besonders zugeleitet, deren Contractionswelle nun am Nervenendhügel entstehen und sich von hier nach beiden Seiten der nur 3—4 Ccmtr. langen Fasern fortpflanzen muss. Entsprechend der offenbar ungleichen Länge der motorischen Fasern vom Stamme bis zum Nervenendhügel, wird die Zuckung in den verschiedenen Muskelfasern (da die Leitung durch den motorischen Nerven ebenfalls Zeit erfordert) nicht in absolut gleichem Momente beginnen. Allein die Differenz ist so gering, dass der vom Nerven aus gereizte Muskel sich als ganzer momentan zusammenzuziehen scheint.

Momentane Reizung des ganzen Muskels.

4. Vollkommen gleichzeitiges momentanes Zucken aller Fasern eines Muskels kann nur dann eintreten, wenn alle zu gleicher Zeit zusammen gereizt werden. Dies findet statt, wenn man an die beiden Muskelenden Elektroden anlegt, und nun einen elektrischen Schlag von momentaner Dauer durch die ganze Länge des Muskels sendet.

302. Arbeit des Muskels.

Maass der Arbeit.

Nach der für die Berechnung der Arbeit üblichen Bezeichnung (vgl. pag. 6) ist die von einem Muskel geleistete Arbeit (A) gleich dem Producte aus der Hubhöhe (s) und dem gehobenen Gewichte (p); also $A = s\,p$. Hieraus ergibt sich zunächst, dass, wenn der Muskel gar nicht belastet wird (wenn also $p = 0$ ist), auch $A = 0$ sein muss; d. h. es wird bei mangelnder Belastung auch keine Arbeit ausgeführt. Wird ferner der Muskel mit einem übermässig grossen Gewichte belastet, so dass er sich gar nicht mehr zu verkürzen vermag (also $s = 0$ wird), so ist ebenfalls die Arbeit gleich Null.

Zwischen diesen beiden Extremen vermag nun der thätige Muskel Arbeit zu vollführen.

Grösse der Arbeit bei maximaler Leistung.

I. Bei möglichst starker Reizung (beim Maximalreize) nimmt die Arbeit zunächst bei steigernder Belastung mehr und mehr bis zu einem gewissen Maximum zu. — Kann sodann bei zunehmender Belastung der Muskel fort und fort nur noch geringere Hubhöhen ausführen, so nimmt die Arbeit wieder mehr und mehr ab, und wird schliesslich (wie bereits bemerkt) beim Ausbleiben des Hubes wieder = 0.

Folgendes Beispiel vom Froschmuskel nach Ed. Weber erläutert dieses Gesetz:

Belastungsgewicht in Grammen	Hubhöhe in Millimetern	Arbeitsleistung in Gramm-Millimetern
5	27,6	138
15	25,1	376
25	11,45	286
30	6,3	220

Gesetze über die Muskelarbeit.

Die Untersuchungen über die Muskelarbeit haben weiterhin ergeben:

1. Der Muskel kann eine um so grössere Last heben, je grösser sein Querschnitt ist, d. h. je mehr Fasern neben einander er enthält (Ed. Weber).

2. Der Muskel vermag eine Last um so höher emporzuheben, je länger er ist, d. h. aus je mehr Muskelfasern unter einander er zusammengesetzt ist (Bernoulli).

3. Der Muskel vermag bei beginnender Verkürzung das grösste Gewicht zu heben; bei fortschreitender Verkürzung kann er stetig nur kleinere Lasten heben, im Maximum der Verkürzung nur relativ geringe (Schwann).

4. Unter „absoluter Muskelkraft" verstehen wir das Gewicht, welches der maximal gereizte Muskel eben nicht mehr (von seiner natürlichen Form der Ruhe aus) zu erheben vermag, ohne jedoch auch durch dasselbe im Momente der Reizung gedehnt zu werden.

Maass der absoluten Muskelkraft.

Um ein Mass für die Vergleichung der absoluten Muskelkraft für verschiedene Muskeln (auch bei verschiedenen Thieren) zu gewinnen, berechnet man die absolute Muskelkraft auf 1 Quadratcentimeter des Querschnittes. (Der mittlere Querschnitt eines Muskels wird gefunden durch Division des Volumens desselben durch seine Länge. Das Volumen ist gleich dem absoluten Gewichte des betreffenden Muskels dividirt durch das specifische Gewicht der Muskelsubstanz = 1058.) So ist die absolute Muskelkraft für 1 □ Centimeter Froschmuskel = 2,8 bis 3 Kilo (J. Rosenthal); — für 1 □ Centimeter Menschenmuskel = 7 bis 8 (Henke und Knorz), oder gar 9 bis 10 Kilo (Koster).

5. Wenn während des Tetanus der Muskel in krampfhafter Verkürzung ein Gewicht dauernd gehoben hält, so leistet er während des Haltens selbst keine Arbeit, sondern nur in dem Momente des Erhebens. Der Muskel bedarf aber im Tetanus dauernder Reize, er zeigt Stoffumsatz und Ermüdung: der Umsatz seiner Spannkräfte wird zur Wärmebildung verwendet.

Grösse der Arbeit bei nicht maximaler Leistung.

II. Wird der Muskel mit nur mässigen (nicht die maximale Verkürzung erzielenden) Reizen erregt, so ist zweierlei möglich. Entweder es bleibt der schwache Reiz stets gleich, während die Belastung wechselt. In diesem Falle richtet sich das Mass der geleisteten Arbeit nach demselben Gesetze, welchem dieselbe bei maximaler Erregung unterworfen ist. Oder aber es bleibt die Belastung gleich gross, während die Stärke des

Reizes variirt. In letzterem Falle sah Fick die Hubhöhe in directem Verhältnisse mit der Stärke des Reizes wachsen.

Erweiterung der Gefässe im thätigen Muskel. Im intacten Körper erweitern sich während der Muskelcontraction die Gefässe des Muskels, so dass die Menge des denselben durchströmenden Blutes zunimmt (Ludwig und Sczelkow); es werden nämlich gleichzeitig mit den motorischen Nerven die in denselben Stämmen mit ihnen liegenden vasodilatatorischen (vasohypotonisirenden) Nervenfasern zugleich allemal mit erregt (vgl. auch pag. 159, 3).

Methode der Bestimmung der absoluten Kraft der Wadenmuskeln. Ed. Weber hat in folgender Weise die absolute Muskelkraft der Wadenmuskeln beim Menschen bestimmt. Es wird der senkrecht stehende Körper durch stets zunehmende Belastung bis so weit beschwert, dass er mit aller Anstrengung sich eben nicht mehr durch Erheben der Ferse vom Boden auf die Capitula metatarsi der beiden grossen Zehen zu erheben vermag Die Heber des Gesammtgewichtes (P = Körper + Belastung) sind die Wadenmuskel (Gastrocnemii, Soleus, Plantaris). Sie wirken mit ihrer Kraft (A) an dem langen einarmigen Hebelarme (H = 172 Mm.), der vom Capitulum metatarsi der grossen Zehe bis zum Ansatz der Achillessehne am Tuber calcanei reicht. Die Last wirkt nur an demjenigen Theile dieses Hebelarmes (h = 129 Mm), welcher vom Capitulum metatarsi bis dorthin reicht, wo die Schwerlinie des Körpers den Fuss trifft (etwas vor der Axe des Fussgelenkes). Die Berechnung geschieht nun einfach nach der Formel $A \times H = P \times h$; — also $A = (P \times h) : H$. — Den Querschnitt der Wadenmuskeln bestimmt man an Leichnamen, deren Constitution und Muskelentwickelung der Versuchsperson vergleichbar sind.

Prüfung anderer Muskeln. Die absolute Kraft gewisser Muskelgruppen können praktisch leicht durch sogenannte Kraftmesser (Dynamometer) gemessen werden, die zum Theil nach Art der Federwagen construirt sind, auf welche man den Druck oder Zug der betreffenden Muskeln einwirken lässt. Quetelet hat statistisch die Kraft gewisser Muskelgruppen festgestellt: der Druck beider Hände des Mannes ist = 70 Kilo; der Zug beträgt das Doppelte. Die Kraft der Hände des Weibes ist um ein Drittel geringer. — Der Mann kann ferner mehr als das Doppelte seines eigenen Gewichtes tragen, das Weib nur die Hälfte davon. Knaben vermögen um ein Drittel mehr zu tragen, als Mädchen.

Arbeitsleistung des Menschen, Bei der Beurtheilung der Arbeitsleistung des Menschen kommt nicht allein in Betracht, eine wie grosse Arbeit er in einem Momente auszuüben vermag, sondern wie oft hinter einander er die Arbeitsleistung produciren kann. Man rechnet als Mittelwerth der täglichen Arbeit eines Mannes bei 8 Stunden Thätigkeit 10 (höchstens 10,5 bis 11) Kilogramm-Meter in 1 Secunde, — also einen täglichen Nutzeffect von 288.000 Kilogramm-Meter (rund 300.000) (Die Secundenarbeit eines Pferdes wird zu 70—75 Kilogramm-Meter angenommen („Pferdekraft“ — „dynamisches Pferd“)]. *des Pferdes.*

Diese mittleren Arbeitsleistungen lassen sich zwar vorübergehend wohl auf höhere Werthe bringen, allein der Organismus fordert dann nach geschehener Leistung eine längere Ruhe, falls er nicht durch Ueberanstrengung an seiner Gesundheit leiden soll.

303. Die Elasticität des ruhenden und thätigen Muskels.

Physikalische Vorbemerkungen über Elasticität. Man unterscheidet an elastischen Körpern zunächst ihre „natürliche Form“, d. h., die äussere Gestalt, welche sie besitzen, wenn keine Kräfte von aussen (Zug oder Druck) auf sie einwirken. So besitzt auch der ruhende Muskel eine „natürliche Form“, wenn keinerlei Zug oder Druck auf denselben ausgeübt wird. — Wird an dem Muskel der Länge nach ein Zug wirksam, so müssen sich die untereinander gefügten Theilchen des Muskels von einander um etwas entfernen: die natürliche Form wird unter Inanspruchnahme der elastischen Kräfte gedehnt. Wird der Zug nicht weiter ausgeführt, so tritt der

elastische Körper in seine natürliche Form wieder zurück. — Man nennt einen Körper „vollkommen elastisch", wenn er nach Aufhören der Dehnung genau in seine natürliche Form wieder zurückgeht. — Unter „Elasticitätsmass" (Modulus) versteht man das (in Kilogrammen ausgedrückte) Gewicht, durch welches ein elastischer Körper von 1 □ Millimeter Querschnitt um seine eigene Länge gedehnt würde, wenn er nicht (was natürlich oft geschieht) vorher schon zerrisse. Dieses ist für den ruhenden Muskel = 0,2734 (Wundt), [das der Knochen ist = 2264 (Wertheim), — der Sehnen = 1,6693, — der Nerven = 1,0905; — der Arterienhäute = 0,0726 (Wundt)]. Das Elasticitätsmass des ruhenden Muskels ist also nur gering, da er den Zugkräften gegenüber sehr nachgiebig ist; — er hat also keine grosse Elasticität. — „Elasticitätscoëfficient" wird derjenige Bruchtheil der Länge eines elastischen Körpers bezeichnet, um welchen er durch die Einheit des ziehenden Gewichtes verlängert wird. Dieser ist für den ruhenden Muskel gross. — Bei einem gewissen hohen Zuge zerreissen endlich die elastischen Körper: die Tragfähigkeit des Muskelgewebes bis zum Zerreissen ist für Jugend, mittleres und höchstes Alter annähernd wie 7 : 3 : 2.

Bei den nicht organisirten elastischen Körpern ist allemal die Dehnungslinie dem spannenden Gewichte direct proportional, — bei den organisirten (also auch beim Muskel) ist dies jedoch nicht der Fall: sie werden bei fortgesetzt zugelegter gleich grosser Belastung in weiterem Verlaufe weniger gedehnt als anfangs. Dabei nehmen dieselben, nachdem die erste Dehnung, welche dem angehängten Gewichte entspricht, erreicht ist, bei Fortdauer dieser selben Belastung Tage, selbst Wochen lang hindurch immer noch allmählich etwas an Länge zu. Dies nennt man „elastische Nachwirkung."

Methode der Untersuchung.

Zur Anstellung von Versuchen über die Elasticität hängt man den Muskel frei an einem mit einer Scala versehenen Stativ auf, belastet nach einander das untere Ende (durch Auflegen auf eine an dasselbe befestigte kleine Wagschale) mit verschiedenen schweren Gewichten, und misst die denselben jedesmal entsprechenden Verlängerungen des Muskels (Ed. Weber). — Um eine Dehnungscurve zu construiren, nimmt man die nach einander zugelegten Gewichtseinheiten als Abscisse, die der jedesmaligen Belastung entsprechenden Längen als Ordinaten.

Die Elasticität des ruhenden Muskels ist nur klein, aber sehr vollkommen (einem Kautschukfaden vergleichbar). Durch kleine Gewichte wird der Muskel nämlich bereits stark gedehnt. Bei gleichmässig zugelegten weiteren Gewichtseinheiten erfolgt aber nicht mehr eine gleichmässige Dehnung, sondern den gleichen Gewichtszulagen entsprechen, je höher die Belastung steigt, stets nur geringere Dehnungszunahmen. Man kann diese Erscheinung auch so ausdrücken: das Elasticitätsmass des unthätigen Muskels wächst mit seiner zunehmenden Dehnung (Ed. Weber).

Das folgende Beispiel vom M. hyoglossus des Frosches erläutert diese Verhältnisse.

Belastung in Grammen	Muskellänge in Millimetern	Ausdehnung	
		in Millimetern	in Procenten
0,3	24,9	—	—
1,3	30,0	5,1	20
2,3	32,3	2,3	7
3,3	33,4	1,1	3
4,3	34,2	0,8	2
5,3	34,6	0,4	1

Die Dehnungscurve ist nicht wie bei den nicht organisirten Körpern eine gerade Linie, sondern sie gestaltet sich einer Hyperbel ähnlich (Wertheim). — Die Elasticität unthätiger ermüdeter Muskeln ist von der der nicht ermüdeten nicht wesentlich unterschieden.

Muskeln, welche man im lebenden Thiere mit den Gefässen und Nerven noch in Verbindung gelassen hat, sind noch dehnbarer als ausgeschnittene. Ganz frische Muskeln verlängern sich (innerhalb geringer Belastungsgrenzen) anfangs mit gleichmässig zunehmender Belastung proportional der letzteren (also wie nicht organisirte Körper). Bei starken Belastungen werden die Beobachtungen nicht ohne Berücksichtigung der elastischen Nachwirkung anzustellen sein (Wundt).

Der gedehnte Muskel hat ein etwas geringeres Volumen (Schmulewitzsch).

Der todte und zumal der starre Muskel besitzt eine grössere Elasticität als der lebensfrische (d. h. also es erfordert ein grösseres Gewicht, um ihn zu gleicher Länge wie den lebenden zu dehnen.) Dahingegen ist die Elasticität des abgestorbenen unvollkommener, d. h. nach der Dehnung geht er nur innerhalb enger Grenzen in seine natürliche Form wieder zurück (pag. 546).

Elasticität der Muskeln des intacten Körpers.

Im intacten Körper sind die Muskeln bereits in einem sehr geringen Grade der Dehnung; man ersieht dies an der geringen Retraction, welche nach Loslösung des Muskelansatzes zu geschehen pflegt. Dieser geringe Dehnungsgrad ist bei eintretender Contraction von Wichtigkeit, da sich im entgegengesetzten Falle der Muskel erst ohne zur sofortigen Thätigkeit zu gelangen, contrahiren müsste, bevor er anspannend auf die Knochen wirken könnte. — Die Elasticität der Muskeln tritt bei der Zusammenziehung der Antagonisten in die Erscheinung. — Die Haltung der unthätigen Glieder entspricht der Resultante des elastischen Zuges der verschiedenen Muskelgruppen.

Elasticität des thätigen Muskels.

Die Elasticität des thätigen Muskels ist der des unthätigen gegenüber vermindert, d. h. er wird durch dasselbe ziehende Gewicht noch mehr verlängert als der ruhende. Aus diesem Grunde ist auch der thätige Muskel, wie man an einem ausgeschnittenen contrahirten Muskel prüfen kann, weicher; die scheinbare grössere Härte, welche angespannte contrahirte Muskeln zeigen, rührt nur von der Spannung derselben her. — Ermüdet der thätige Muskel, so wird seine Elasticität noch kleiner.

Methode der Untersuchung.

Ed. Weber stellte die Versuche in folgender Weise an. Der senkrecht aufgehängte M. hyoglossus des Frosches wurde zuerst ruhend seiner Länge nach gemessen. Hierauf wurde er durch Inductionsschläge in Tetanus versetzt und abermals gemessen. Nun wurden nach einander stets grössere Gewichte angehängt, und es wurde die Dehnung des ruhenden und darauf die Länge des tetanisirten (dasselbe Gewicht tragenden) bestimmt. Das Mass, um welches sich der thätig belastete aus dem unthätigen (belasteten) Zustande verkürzt, ist die „Hubhöhe“.

Bei zunehmender Belastung wird die letztere stets kleiner; — endlich kann sich der sehr stark belastete tetanisch gereizte Muskel gar nicht mehr contrahiren, d. h. die Hubhöhe wird gleich Null. Ja es soll bei sehr hoher Belastung sogar der Fall eintreten, dass der Muskel, indem er gereizt wird, sich nicht nur nicht mehr verkürzen kann, sondern dass er sich sogar verlängert. Nach Wundt soll jedoch in diesem Falle die Elasticität des Muskels sich nicht verändern. — Bei diesen Versuchen ist allemal die Länge des thätigen belasteten Muskels gleich der Länge des gleichstark belasteten ruhenden Muskels minus der Hubhöhe.

Die lebendige Muskelkraft als elastische Kraft nach Ed. Weber.

Ed. Weber hat aus diesen Versuchen die folgende Anschauung über das Wesen der verkürzenden Kraft des Muskels hergeleitet. Er nimmt zwei Zustände des Muskels an: den ruhenden und den thätigen. Jedem dieser beiden entspricht eine besondere natürliche Form. Der ruhende besitzt die längere, dünnere, — der thätige die kürzere, dickere Form. Der ruhende wie der thätige Muskel bestreben sich, diese ihre Form beizubehalten. Wird nun der ruhende Muskel in Thätigkeit versetzt, so schnellt die ruhende Form plötzlich in die thätige Form über vermöge elastischer Kraft. Letztere ist es, welche die Arbeit des Muskels auszuführen vermag. Auf die Aehnlichkeit der Kraft des thätigen Muskels mit der einer gespannten langen elastischen Spiralfeder hat schon Schwann hingewiesen (siehe auch bei „Arbeit des Muskels“). Beide können das grösste Gewicht nur heben aus der Form ihrer grössten Dehnung. Je mehr sie aber bereits sich verkürzt haben, um so kleiner wird das Gewicht, das sie weiterhin noch zu heben vermöchten (pag. 562, 3).

304. Wärmebildung des thätigen Muskels.

Wärmebildung isolirter Muskeln.

Nachdem bereits früher Forscher bei der Muskelthätigkeit eine Entwickelung von Wärme beobachtet hatten (vgl. pag. 387), zeigte Helmholtz (1848), dass auch der ausgeschnittene 2—3 Minuten tetanisirte Froschmuskel eine Temperatursteigerung von 0,14—0,16° C. erkennen lasse. R. Heidenhain gelang es sogar für jede einzelne Zuckung eine Temperaturzunahme von 0,001—0,005° C. nachzuweisen. Ebenso ist es mit dem schlagenden Herzen, welches sich mit jeder Systole erwärmt (Marey). [Die Beobachtung geschieht mit Hilfe der thermo-elektrischen Vorrichtung (pag. 382) unter Anwendung zahlreicher Elemente (pag. 385).]

Im Einzelnen ist über die Wärmeentwickelung Folgendes ermittelt worden:

Verhältniss der Wärme zur Arbeit.

1. Sie steht in einem Verhältniss zur Arbeitsleistung.

a) Trägt der Muskel bei der Contraction ein Gewicht, welches ihn in der Ruhe wieder ausdehnt, so leistet er hierbei keine nach aussen übertragene Arbeit (vgl. pag. 406). Es geht somit alle umgesetzte chemische Spannkraft während dieser Bewegung in Wärme über. Unter diesen Verhältnissen geht die Wärmeentwickelung mit der Arbeitsleistung parallel, d. h. sie wächst zunächst mit zunehmender Belastung und Hubhöhe bis zum Maximalpunkte, dann nimmt sie mit weiterer Belastung wieder ab. Das Wärmemaximum wird aber bereits bei einer geringeren Belastung erreicht, als das Maximum der Arbeitsleistung (Heidenhain).

b) Wird der Muskel auf der Höhe der Contraction seines anhängenden Gewichtes entlastet, so hat er eine lebendige

nach aussen übertragene Arbeit geleistet: in diesem Falle ist die erzeugte Wärme geringer (A. Fick).

c) Wird dieselbe Arbeitsleistung einmal durch viele aber kleinere, das zweite Mal durch wenigere aber grössere Contractionen geleistet, so ist in letzterem Falle die Wärmeentwickelung geringer (Heidenhain).

d) Vollführt der belastete Muskel hinter einander einzelne Verkürzungen, mittelst derer er arbeitet, so ist seine hierdurch geleistete Wärme grösser, als wenn er in tetanischer Contraction dauernd das Gewicht trägt. Es wirkt also der Uebergang des Muskels in die verkürzte Form stärker wärmeerzeugend, als die Erhaltung in dieser Form (A. Fick).

Verhältniss der Wärme zur Spannung.

2. Die Wärmeentwickelung hängt ab von der Spannung des Muskels; sie nimmt mit zunehmender Spannung ebenfalls zu (Heidenhain). Verhindert man den Muskel durch Fixirung seiner Enden, dass er sich verkürzen kann, so erfolgt das Maximum der Erwärmung (Béclard). Ein derartiger Zustand besteht während des Starrkrampfes, in welchem sich die heftig contrahirten Muskeln das Gegengewicht halten. Daher ist bei diesem (Wunderlich) ein sehr hoher Wärmegrad beobachtet worden (vgl. pag. 412), auch bei Thieren, die in Tetanus versetzt waren (Leyden).

Wärmebildung bei der Dehnung.

3. Auch bei der Wiederausdehnung des contrahirten Muskels (z. B. indem man ihn ohne Gewichte sich verkürzen liess und erst vom Momente der Dehnung an belastete) wird Wärme gebildet (Heidenhain und Steiner). — Wenn weiterhin ein an einem Muskel durch verschieden lange unausdehnbare Zwischenstücke angeknüpftes Gewicht aus gewisser Höhe herabfällt, und dadurch dem Muskel einen Ruck ertheilt, dann wird eine der Fallarbeit äquivalente Wärmemenge im Muskel frei (A. Fick und Danilewsky).

Wärmebildung bei Ermüdung.

4. Mit zunehmender Ermüdung des Muskels nimmt die Wärmebildung ab (A. Fick).

Die Summe von Arbeit und Wärme im Muskel muss stets dem Umsatze eines entsprechenden Masses chemischer Spannkraft in demselben äquivalent sein. — Von dieser wird ein um so grösserer Theil in Arbeit umgesetzt, je grösser die Kraft ist, die sich der Zusammenziehung des Muskels entgegenstellt; im letzteren Falle beträgt diese etwa $^1/_4$ der umgesetzten Spannkräfte. Bei geringeren Widerständen ist die geleistete Arbeit ein kleinerer Bruchtheil der umgesetzten Spannkräfte (A. Fick, Harteneck). Auch der thätige Nerv soll sich um etwas ($\frac{1}{30}$ ° C.) erwärmen (Valentin).

Beim Menschen kann man an den elektrisch zur Contraction gebrachten Muskeln die Wärmebildung durch die Haut hindurch wahrnehmen (Ziemssen); dasselbe fand ich auch dann, wenn willkürlich die Bewegung ausgeführt wurde.

305. Das Muskelgeräusch.

Der Muskelton.

Wenn der contrahirte Muskel zugleich durch einen an ihm wirkenden Widerstand in Spannung erhalten wird, so vernimmt man einen Ton (oder Geräusch) an demselben, herrührend von intermittirenden Spannungen innerhalb desselben (Wollaston).

Beobachtung am Menschen.

Behufs der Beobachtung legt man entweder das Ohr auf den tetanisch gespannt gehaltenen M. biceps eines Anderen, — oder man steckt die Spitze des Daumens der einen Hand luftdicht in seinen Gehörgang (das andere Ohr wird verschlossen) und ballt nun krampfhaft die Hand. — Manche vernehmen auch den Muskelton ihrer Kaumuskeln, wenn sie bei zugestopften äusseren Gehörgängen krampfhaft die Kiefer gegeneinander pressen; — andere auch vernehmen das Tönen ihrer Mm. orbiculares palpebrarum als ein dumpfes Dröhnen über den Augen, wenn sie gewaltsam die Augenlider schliessen.

Beobachtungen über den Muskelton.

Der vom Willen aus in Contraction versetzte Muskel macht 19,5 Schwingungen in einer Secunde. Man vernimmt aber nicht den diesen wenigen Schwingungen entsprechenden sehr tiefen Ton, sondern den ersten Oberton, dem die doppelte Schwingungszahl zukommt. Genau 19,5 Schwingungen hat der Muskelton, wenn man den Muskel bei Thieren durch Reizung des Rückenmarkes in Spannung versetzt (Helmholtz), ferner wenn der motorische Nervenstamm eines Muskels durch chemische Mittel gereizt wird (Bernstein).

Wendet man jedoch auf den Muskel (auch beim Menschen) tetanisirende Inductionsströme an, so ist die Schwingungszahl des Muskeltones genau übereinstimmend mit der Zahl der Vibrationen des federnden Hammers des Inductionsapparates. Er kann daher mit veränderter Spannung der Feder erhöht oder vertieft werden.

Werden die Inductionsschläge durch den Nerven geschickt, so ist der Ton nicht so stark (im Uebrigen aber von derselben Schwingungsdauer). Man hat durch schnelle Inductionsschläge Töne bis fast zu 1000 Schwingungen in einer Secunde hervorgerufen (Bernstein).

Steckt man in den äusseren Gehörgang (bei gleichzeitigem Verschluss des anderen) ein Stäbchen, von dessen Ende ein mit Gewichten belasteter tetanisirter Froschmuskel niederhängt, so hört man leicht den Ton dieses isolirten Muskels.

Bestimmung der Schwingungsdauer.

Setzt man den Muskel in Verbindung mit schwingenden elastischen Federn, deren Schwingungszahl man leicht variiren kann, und probirt man nun aus, was für eine Schwingungszahl den Federn gegeben werden muss, damit sie durch den tönenden Muskel energisch in Mitschwingung gesetzt werden, so kann man leicht für die verschiedenen Fälle die Schwingungszahl des Muskeltones nach einigem Probiren feststellen. Mit der Spitze der vibrirenden Feder kann sogar ein Schreibstift in Verbindung gesetzt werden, der auf einer berussten Fläche die Vibrationen einkratzt (Helmholtz).

Der 1. Herzton (vgl. 60, pag. 101) ist zum Theil Muskelton.

Hörbare Muskeltöne bei Fischen.

Ich habe 1873 zuerst die Beobachtung gemacht, dass die knurrenden Geräusche, welche manche Fische [Trigla, Cottus („Knurrhahn")] von sich geben können, herrühren von den starken Tönen ihrer krampfhaft bewegten Muskeln des Schultergürtels, die durch die grosse, von festem Knochengerüste umgebene Mundrachenhöhle durch Resonanz noch verstärkt werden.

Der Muskelton wird als ein Beweis dafür gehalten, dass der Tetanus sich aus einer Reihe einzelner Dichtigkeitsschwankungen zusammensetzt (pag. 559).

306. Ermüdung des Muskels.

Wesen der Ermüdung.

Als Ermüdung bezeichnet man denjenigen Zustand geringerer Leistungsfähigkeit des Muskels, in welchen er durch anhaltende Thätigkeit versetzt wird. Im intacten Körper ist hiermit eine eigenthümliche Gefühlswahrnehmung verbunden, die in den Muskeln localisirt ist.

Ursachen der Ermüdung.

Als Ursache der Ermüdung ist die Ansammlung von Umsetzungsproducten, „Ermüdungsstoffen" (welche bei der Thätigkeit der Muskeln sich bilden), in dem Gewebe derselben zu betrachten: die freie oder im sauren Salze gebundene Milch- und Glycerinphosphorsäure und die CO_2, sowie die Extractivstoffe des Fleisches. Hierfür spricht, dass der ermüdete Muskel wieder leistungsfähiger wird, wenn jene Substanzen durch Hindurchleiten von indifferenter 0,6% Kochsalzlösung, oder von schwacher Natriumcarbonatlösung durch die Muskelgefässe hinweggespült werden (J. Ranke). Auch die Durchleitung arteriellen Blutes bewirkt aus gleichem Grunde, vielleicht aber auch, weil dasselbe dem Muskel die verbrauchten Substanzen ersetzen kann, die Hebung der Ermüdung (Kronecker). — Umgekehrt kann man einen leistungsfähigen Muskel schnell ermüden durch Injection von verdünnter Milchsäure oder von gelöstem Fleischextract (Kemmerich) in seine Gefässe, [ermüdend wirkt auch saures phosphorsaures Kalium] (J. Ranke). Der durch Arbeit ermüdete Muskel nimmt in diesem Zustande weniger O auf, auch entwickelt er in der Ermüdung nur wenig weitere Säure und CO_2. Die zur Ermüdung führende Thätigkeit hat also bereits bedeutenden Stoffumsatz im Muskel hervorgerufen.

Leistungsvermögen des ermüdeten Muskels.

Der ermüdete Muskel vermag grosse Belastung gar nicht mehr zu heben, seine absolute Muskelkraft ist also vermindert. — Bleibt der Muskel während des ganzen Versuches mit demselben Gewichte belastet, und ist die Reizung eine maximale (starker Inductions-Oeffnungsschlag), so nimmt von Zuckung zu Zuckung die Hubhöhe stetig ab um einen gleichen Bruchtheil der Verkürzung. Die Ermüdungscurve ist somit eine gerade Linie. Je schneller die Zuckungen sich einander folgen, um so bedeutender ist diese Verminderung der Hubhöhe, und umgekehrt. Der ausgeschnittene Muskel ist nach einer gewissen Zahl von Zuckungen bis zur Erschöpfung ermüdet. Hierbei ist es ohne Einfluss, ob die Reizungen in kurzen oder in längeren Pausen auf einander folgten (Kronecker). — Der ermüdete Muskel gebraucht ferner für seine Zuckung eine längere Zeit, sie verläuft somit träger. Endlich ist auch die Zeit der latenten Reizung im Ermüdungsstadium verlängert (pg. 557). Wird der Muskel mit so starken Gewichten belastet, die er bei eintretender Contraction gar nicht zu heben vermag, so ermüdet er dennoch, und zwar in noch höherem

Grade, als wenn er die Last zu heben vermöchte (Leber). Der Stoffumsatz und die Säurebildung ist nämlich in dem ausgestreckt erhaltenen gereizten Muskel noch grösser, als in dem gereizt sich verkürzenden (Heidenhain). Lässt man einen Muskel durch Reizung sich verkürzen, der gar kein Gewicht trägt, so wird er nur sehr allmählich ermüdet. Ist der Muskel nur während der Contraction, nicht aber während der Wiederausdehnung belastet, so ermüdet er langsamer (Heidenhain), als wenn er dauernd belastet ist; ebenso, wenn er sein Gewicht erst im Verlaufe seiner Zusammenziehung zu heben braucht, anstatt es sofort mit Beginn derselben zu heben (Volkmann). Das Anhängen von Gewichten an den dauernd ruhenden Muskel ermüdet diesen nicht.

Unterbindet man die Arterien bei Warmblütern, so tritt bei Reizung der Nerven schon nach 120—240 Zuckungen (in 2—4 Min.) völlige Ermüdung ein; directe Muskelreizung vermag aber noch eine Reihe von Zuckungen zu bewirken. Die Ermüdungscurven sind in beiden Fällen gerade Linien. Bei unveränderter Blutcirculation durch den Muskel der Warmblüter zeigt die Reizung vom Nerven aus, dass die Zuckungen anfangs an Höhe zunehmen, dann geradlinig abnehmen (Rossbach und Harteneck).

Erholung von der Ermüdung. Recreirend aus dem Zustande der Ermüdung zur Erholung wirkt das Durchleiten eines constanten elektrischen Stromes durch die Länge des ganzen Muskels (Heidenhain); ebenso die Einspritzung frischen arteriellen Blutes in die Gefässe desselben, sowie von sehr kleinen Gaben Veratrins.

307. Mechanik der Skeletverbindungen.

Gelenke. I. Die Gelenke gestatten die ausgiebigsten Bewegungen der unter einander verbundenen Knochen. Die Gelenkenden der Knochen sind mit einer Knorpelschicht überzogen, welche bestimmt ist, vermöge ihrer Elasticität die auf die Knochen übertragenen Erschütterungen und Stösse zu mässigen. Die Oberfläche der Gelenkknorpel ist vollkommen glatt und ermöglicht so eine möglichst leichte gleitende Bewegung der Flächen gegen einander. An der äusseren Grenzlinie der Knorpel entspringt die Gelenkkapsel, welche als ein Sack die knorpeligen Enden einschliesst. Im Innern ist die Kapsel von der Synovialmembran überzogen, welche die klebrig schlüpfrige Synovia absondert, welche die gleitende Bewegung der Flächen wesentlich erleichtert. Die äussere Fläche der Gelenkkapsel ist vielfältig mit fibrösen Bändern belegt, die theils als Verstärkungs-, theils als Hemmungs-Bänder functioniren. Zu den Hemmungsvorrichtungen an den Gelenken gehören auch die „Knochenanschläge", z. B. der Processus coronoideus ulnae, der nur die Flexion des Vorderarmes bis zur spitzwinkeligen Beugung zulässt, ferner das Olecranon, das die Hyperextension im Ellenbogengelenk inhibirt. Das dauernde Zusammenhalten der Gelenkflächen wird ermöglicht 1. durch die Adhäsion der mit der Synovia auf einander geriebenen glatten Knorpelflächen, 2. durch die

äusseren Kapselbänder und 3. durch die elastische Spannung und die Contraction der Muskeln.

Bau des Synovialmembran. Die Synovialmembran ist aus zarten, mit elastischen Fasern vermischten Bindegewebsbündeln gewebt, und hat nach innen zu theils fettgewebehaltige Falten, theils gefässführende Zotten. Die Innenfläche wird von Endothel bekleidet, das rundlich polygonale platte Zellen enthält. Die inneren Gelenkbänder oder Knorpel sind nicht von der Synovialis und dem Endothel bekleidet. Die Ansatzstellen der Synovialis an den Knochen heissen Ansatzzonen: dem Rande des Gelenkknorpels zunächst liegt ein Bezirk, in dem mit Ausläufern versehene Endothelzellen liegen (keratoides Gewebe, Hüter), dann folgt ein Bezirk mit kleinen, aber dicht gedrängten Endothelien, dann folgt die eigentliche Synovialis. (Schweigger-Seidel und Tillmanns halten die keratoiden Zeichnungen für künstliche Silberniederschläge in der Synovia.)

Die Synovia. Die farblose, fadenziehende Synovia reagirt alkalisch, — hat die Zusammensetzung der Transsudate und enthält ausserdem Mucin (Frerichs) neben Eiweiss und Spuren von Fett. Angestrengte Bewegung vermindert ihre Menge, dickt sie ein, vermehrt das Mucin, vermindert aber ihre Salze.

Einaxige Gelenke. Rücksichtlich des Bewegungsmodus kann man die Gelenke in folgende Arten eintheilen:

Das Charniergelenk. 1. Gelenke mit Drehbewegung um **eine** Axe. — a) Das Charniergelenk (Ginglymus, Winkel- oder Gewerbegelenk). Die eine Gelenkfläche stellt einen Abschnitt eines Cylinders oder Kegels dar, auf welcher die andere mit entsprechender Höhlung nur um eine Axe (des Cylinders oder Kegels) bei der Beugung oder Streckung im Gelenke sich bewegt. Winkelgelenke dieser Art sind die Finger- und Zehengelenke. Stets finden sich seitlich starke Hilfsbänder, die ein seitliches Einknicken des Gelenkes verhindern.

Das Schrauben-charniergelenk. Eine Modification des einfachen Charniergelenkes ist das „Schrauben-Charniergelenk" (Langer, Henke). Hierher gehört das Humero-ulnargelenk: streng genommen findet nämlich nicht einfache Beugung und Streckung im Ellenbogengelenk statt, sondern es schraubt sich die Ulna auf der Rotula humeri wie eine Schraubenmutter auf der Schraubenaxe: — am rechten Humerus ist die Schraube rechts gewunden, am linken links. Auch das Sprunggelenk gehört hierher: die Schraubenmutter ist die Tibialfläche; das rechte Gelenk gleicht einer linksgewundenen Schraube, das linke umgekehrt. — *Das Drehgelenk.* b) Das Drehgelenk (Radgelenk, Rotatio), mit cylindrischer Gelenkform; z. B. das Gelenk zwischen Atlas und dem die Drehaxe enthaltenden Dens epistrophei. — Das Pronations- und Supinationsgelenk (im Ellenbogenlenke) hat seine Drehaxe von der Mitte der Fovea patellaris des Radiusköpfchens bis zum Processus styloideus ulnae. (Hilfsgelenke dieses Drehgelenkes sind oben die Gelenkverbindung zwischen der Circumferentia articularis des Radiusköpfchens in dem entsprechenden oberen Ulna-Ausschnitt, und unten das Gelenk zwischen Capitulum ulnae und dem seitlichen unteren halbmondförmigen Radius-Ausschnitte.)

Zweiaxige Gelenke. 2. Gelenke mit Drehbewegung in **zwei** Axen. a) Die Gelenke besitzen in den zwei senkrecht sich schneidenden Axen eine verschieden starke, aber in gleichem Sinne verlaufende Krümmung: z. B. das Atlanto-occipital-Gelenk oder das Handgelenk, in denen also

sowohl Beugung und Streckung, als auch seitliche Neigung möglich ist. — b) Die Gelenke besitzen eine in den beiden sich senkrecht schneidenden Axen in ungleichem Sinne verlaufende Krümmungsfläche. Hierher gehört das „Sattelgelenk" (Bergmann), dessen Fläche in der Richtung der einen Axe concav, in der der anderen convex ist; z. B. das Gelenk zwischen Os multangulum majus und dem Metacarpus pollicis. Die Hauptbewegung ist hier: 1. Beugung und Streckung, 2. Abduction und Adduction. Weiterhin ist in beschränkter Weise noch in allen anderen Richtungen eine Bewegung möglich, und es kann endlich noch vom Daumen ein kegelförmiger Raum umschrieben werden. Hierdurch ähnelt das Sattelgelenk einer beschränkten Arthrodie.

Das Sattelgelenk.

Das Spiralgelenk.

3. Gelenke mit Bewegung auf spiraliger Gelenkfläche (Spiralgelenke). Hierher gehört vor allem das Kniegelenk (Langer). Die von vorn nach hinten gewölbten Condylen des Femur zeigen im sagittalen Schnitte ihrer Gelenkfläche eine Spirale (Ed. Weber), deren Mittelpunkt mehr im hinteren Theile des Condylus liegt, und deren Radius vector von hinten nach unten und vorne zunimmt. Das Gelenk gestattet zunächst Flexion und Extension. Die starken beiderseitigen Ligamenta lateralia entspringen an den Condylen des Femur entsprechend dem Mittelpunkte der Spirale und inseriren sich am Capitulum fibulae, beziehungsweise am Condylus internus tibiae. Bei starker Flexion im Kniegelenk sind die Seitenbänder erschlafft; sie spannen sich bei zunehmender Streckung an, und sichern in der stärksten Extension als völlig gespannte Stränge die seitliche Fixation im Kniegelenke. Entsprechend der spiraligen Gestalt der Gelenkflächen geschieht Beugung und Streckung nicht um eine Axe, sondern die Axe rückt stets mit den Berührungspunkten fort: die Axe legt einen Weg zurück, der ebenfalls eine Spirale ist. Stärkste Beugung und Streckung umfassen 144°. Das Lig. cruciatum anticum spannt sich mehr bei der Extension und ist Hemmungsband für zu starke Streckung, das posticum spannt sich mehr bei der Flexion und ist Hemmungsband für zu starke Beugung. Die Streck- und Beuge-Bewegung im Knie ist aber noch dadurch complicirter, dass das Gelenk einen schraubenförmigen Gang hat, der Art, dass bei stärkster Extension der Unterschenkel nach aussen abweicht. Dem entsprechend muss der Oberschenkel, wenn der Unterschenkel fixirt ist, bei der Flexion nach aussen gedreht werden. Man beobachtet ferner im Kniegelenk noch Pronation und Supination, die bei stärkster Beugung 40° beträgt, bei stärkster Extension 0 wird. Sie erfolgt dadurch, dass der Condylus externus tibiae um den internus sich dreht. Bei allen Stellungen in der Beugung haben die Kreuzbänder eine ziemlich gleichbleibende Spannung, wodurch sie die Gelenkenden gegen einander gepresst erhalten. Ihre Anordnung bringt es überdies mit sich, dass bei zunehmender Spannung des vorderen Bandes (Streckung) die Condylen des Femur auf der Gelenkfläche der Tibia mehr auf deren vorderen Bereich rollen müssen, bei Zunahme der Spannung des hinteren (Beugung) jedoch mehr nach hinten.

Dreiaxige Gelenke.

4. Gelenke mit Drehung um **einen** festen Punkt; es sind dies die frei beweglichen Kugelgelenke (Arthrodie). Die Bewegung ist um unendlich viele Axen möglich, welche sämmtlich im Drehpunkte sich schneiden. Die eine Gelenkfläche hat annähernd Kugelform, die andere die einer Hohlkugel. Als Typen dieser Gelenke gelten das Schulter- und Hüftgelenk. Man kann auch statt der vielen Axen, um welche die Bewegung möglich ist, drei sich rechtwinkelig im Raume schneidende substituiren. Deshalb hat man diese Gelenke auch dreiaxige genannt. Die Bewegungen können nun erfolgen: 1. als pendelnde Bewegung in jeder beliebigen Ebene, — 2. als Rotation um die Längsaxe der Extremität und — 3. als Umschreibung des Mantels eines Kegels, dessen Spitze im Drehpunkte des Gelenkes liegt, und dessen Mantelfläche von der Extremität selbst umschrieben wird.

Beschränkte Arthrodien.

Als beschränkte Arthrodien beschreibt man kugelige Gelenke mit beschränkteren Excursionsweiten der Bewegung, denen überdies noch die Rotation um die Längsaxe abgeht. Hierher gehören z. B. die Metacarpo-phalangeal-Gelenke.

Straffe Gelenke.

5. Straffe Gelenke (Amphiarthrosis) sind charakteristisch durch ihre zwar nach allen Richtungen hin möglichen, aber äusserst unergiebigen Bewegungen, in Folge der sehr kurzen und unnachgiebigen äusseren Gelenkbänder. Die Gelenkflächen, beide meist gleich gross, weichen nur wenig von der Ebene ab. Beispiele liefern die Verbindungen der Hand- und Fusswurzelknochen unter einander.

Symphysen.

II. Die Symphysen, Synchondrosen und Syndesmosen, welche Zusammenfügungen der Knochen ohne Bildung einer Gelenkhöhle darstellen, sind zwar nach allen Richtungen, aber nur sehr wenig beweglich. Sie stehen also physiologisch den Amphiarthrosen sehr nahe.

Nähte.

III. Die Nähte (Sutura) fügen die Knochen ohne jegliche Nachgiebigkeit zusammen. Die physiologische Bedeutung der Naht liegt darin, dass an ihren Rändern die Knochen zu wachsen vermögen, wodurch die Ausdehnbarkeit des von den Knochen umschlossenen Hohlraumes ermöglicht wird (Herm. Meyer).

308. Anordnung und Verwendung der Muskeln im Körper.

Von der Gesammtmasse des Körpers sind 45% Muskelsubstanz. Betrachtet man die Muskeln in Bezug auf ihre Verwendung im Sinne der Mechanik, so lassen sich die folgenden Kategorien derselben unterscheiden.

A. Muskeln ohne bestimmten Ursprung und Ansatz.

Die Hohlmuskeln.

1. Die Hohlmuskeln, entweder kugelige, eiförmige, unregelmässige Hohlräume umschliessend (Harnblase, Gallenblase, Uterus, Herz), — oder die Wandungen mehr oder weniger cylindrischer Canäle darstellend (Intestinaltractus, musculöse Drüsengänge, Ureteren, Tuben, Vasa defferentia, Blut- und Lymphgefässe). Bei allen diesen ist die Anordnung der Muskel-

fasern häufig in mehreren Lagen gegeben, z. B. in longitudinalen, circulären und schrägen Fasern. Bei der Thätigkeit werden stets durch die Contraction alle Schichten zur Verkleinerung des gesammten Innenraumes verwendet.

Es ist unstatthaft, den verschiedenen Schichten verschiedene mechanische Effecte zuzuschreiben, z. B. dass die circulären Fasern am Darme das Rohr verengern, die longitudinalen dasselbe aber erweitern sollten. Vielmehr wirken beide zugleich verkleinernd auf den Binnenraum, nämlich verengend und verkürzend. Nur für den Fall, dass die Wand des Hohlorganes entweder durch Druck von aussen oder durch partielle Contraction einiger Muskelfasern einen Eindruck oder Einfaltung nach innen zu erlitten hätte, können Muskelfasern, die durch das Thal der Vertiefung bis zu den umgebenden Rändern laufen, durch partielle Contraction die Depression wieder ausgleichen (also partiell den Binnenraum erweitern), da sie die ausgehöhlte Fläche der Vertiefung zu einer kleineren ebenen wieder ausgleichen. Die verschiedenen Schichten werden von derselben motorischen Quelle innervirt, was ebenfalls für ihre homologe Wirkung spricht.

Die Sphincteren

2. Die Sphincteren umgürten eine Oeffnung oder einen kurzen Canal, den sie bei ihrer Action entweder verengern oder fest verschliessen: (Sph. pupillae, palpebrarum, oris, pylori, ani, cunni, uretrae).

B. Muskeln mit bestimmtem Ursprung und Ansatze.

Muskeln mit festem Ursprung und beweglichem Ansatz

1. Der Ursprung ist bei der Wirkung des Muskels völlig fix; der Verlauf der Muskelfasern bis zum Ansatz gestattet es, dass bei der Contraction der Ansatz in gerader Linie sich dem Ursprung nähert (z. B. Mm. attolens, attrahens und retrahentes auriculae; rhomboidei). — Bei einigen dieser Muskeln verliert sich der Ansatz derselben in ein Weichgebilde, welches alsdann dem Zuge folgt (z. B. Mm. azygos uvulae, levator palati mollis, die meisten der von Knochen entspringenden und in die Haut sich ansetzenden Gesichtsmuskeln, Mm. styloglossus, stylopharyngeus u. A.

Muskeln mit beweglichem Ursprung und Ansatz.

2. Ursprung und Ansatz sind beide beweglich. In diesem Falle verhalten sich die Bewegungen beider Punkte umgekehrt, wie die Widerstände, die bei der Bewegung derselben zu überwinden sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese Widerstände oft willkürlich, bald am Ursprung, bald am Ansatze vergrössert werden können. So wirkt z. B. der M. sternocleido-mastoideus bald als Kopfnicker, bald bei fixirtem Kopfe als Brustkorberheber; der M. pectoralis minor bald als Ein- und Abwärtszieher der Schulter, bald (bei Fixirung der letzteren) als Heber der 3.—5. Rippe.

Muskeln mit gebogenem Verlaufe.

3. Manche in ihrem Ursprung völlig fixe Muskeln erleiden entweder im weiteren Verlaufe ihrer Fasern oder ihrer Sehnen

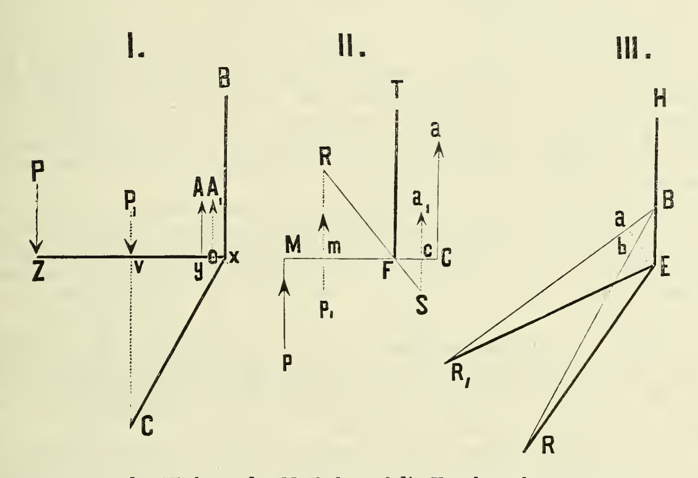
Abweichungen aus der geraden Richtung, entweder in leichter Biegung (z. B. Mm. occipitalis, frontalis, levator palpebrae superioris), oder in winkeliger Umbiegung der Sehne um einen festen Vorsprung, wobei der Muskelzug eine völlig andere Richtung erfährt, nämlich so, als wirke der Muskel von diesem Vorsprung aus direct auf seinen Ansatz (z. B. Mm. obliquus oculi superior, tensor tympani, tensor veli palatini, obturator internus).

Winkelig abweichende Richtung.

4. Viele Muskeln der Extremitäten wirken auf die langen Knochen wie auf Hebel, und zwar: — a) auf einarmige Hebel, bei denen also der Ansatz des Muskels und der Belastungspunkt auf derselben Seite des Unterstützungs-

Wirkung der Muskeln auf die Knochen als einarmige Hebel.

Fig. 113.



Schema der Wirkung der Muskeln auf die Knochen als Hebelarme.

punktes (Drehpunktes) liegen, z. B. Mm. biceps, deltoideus. Der Angriffspunkt des Muskels liegt hierbei oft sehr nahe dem Drehpunkte: hierdurch wird bei der Contraction des Muskels die Schnelligkeit der Bewegung am Ende des Hebelarmes sehr vergrössert, an Kraft jedoch wird hierdurch eingebüsst. Die Anordnung hat jedoch den Vortheil, dass bei der somit nur geringeren Verkürzung des Muskels seine Kraft weniger verkleinert wird, was bei bedeutender Verkürzung der Fall sein müsste (pag. 562, 3). — b) Die Muskeln wirken auf die Knochen wie auf zweiarmige Hebel, bei denen der Angriffspunkt der Kraft (Muskelansatz) auf der anderen Seite des Drehpunktes liegt, als der Angriffspunkt der Last: z. B. M. triceps, die Wadenmuskeln. — In beiden Fällen geschieht die Berechnung der Muskelkraft, die zur Ueberwindung eines Widerstandes nöthig

Wirkung auf zweiarmige Hebel.

ist, nach den Hebelgesetzen: es ist Gleichgewicht vorhanden, wenn die statischen Momente (= Product der Kraft in ihre senkrechte Entfernung vom Unterstützungspunkte) gleich sind; oder wenn sich Kraft und Last umgekehrt verhalten wie ihre senkrechten Entfernungen vom Unterstützungspunkte..

Ganz besonders aber ist bei der Feststellung der Grösse der Muskelkraft und der Belastung auf die Richtung zu achten, in welcher dieselben auf die Hebelarme wirken. Es kommt nämlich oft vor, dass die Richtung, welche in einer bestimmten Stellung senkrecht zum Hebelarme war, bei einer Bewegung schräg auf den Hebel einwirkt. Das statische Moment einer schräg auf einen Hebelarm einwirkenden Kraft oder Last findet man nämlich, indem man die Kraft multiplicirt mit der von dem Drehpunkte auf die Richtung der Kraftwirkung gefällten Senkrechten.

Beispiele. In Fig. 113 I soll B x den Humerus, x Z den Radius darstellen; A y sei die Richtung des Bicepszuges. Wirkte in den rechtwinkeligen Stellen allein der Biceps, indem er ein den Vorderarm oder die Hand belastendes Gewicht P horizontal hielte, so wäre die Kraft des Biceps (= A) aus der Formel $A \cdot yx = P \cdot xZ$ herzuleiten, nämlich $A = (P \cdot xZ) : yx$. Es ist einleuchtend, dass bei der gesenkten Stellung des Radius x C sich die Sache anders verhält; dann ist die Kraft des Biceps $= A_1 = (P_1 \cdot vx) : ox$ —

In Figur 113 II sei TF die Tibia, — F das Fussgelenk, — MC der Fuss in horizontaler Stellung. Die Kraft der Wadenmuskeln (= a), um einer von unten gegen das vordere Fussende gerichteten Kraft p das Gegengewicht zu halten, würde sein: $a = (p \cdot MF) : FC$. — Aendert sich die Stellung des Fusses in der Richtung R S, so wäre nun die Kraft der Wadenmuskeln $a_1 = (p_1 \cdot mF) : Fc$.

Aus dem Vorbemerkten ist auch ersichtlich, mit welcher Kraft Muskeln, welche wie z. B. der M. brachioradialis über den Winkel eines Charniergelenkes gespannt sind, an ihrem Hebelarme wirken müssen.

Auch hier findet man das statische Moment gleich der Kraft multiplicirt mit der von dem Drehpunkte auf die Richtung der Kraft gefällten Senkrechten.

In Skizze III sei HE der Humerus, E das Ellenbogengelenk, ER der Radius, BR der M. brachioradialis. Sein Moment in dieser Stellung ist $= A \cdot bE$. Ist der Radius bis zu ER_1 gehoben, so ist es $= A \cdot aE$. Es ist jedoch auch hier zu beachten, dass $BR_1 < BR$; daher also die absolute Muskelkraft in der gebeugteren Stellung geringer sein muss, weil jeder Muskel mit zunehmender Verkürzung weniger Last zu heben vermag. Was der Kraft somit abgeht, wird durch Vergrösserung des Hebelarmes gewonnen.

Muskeln mit doppeltem Bewegungs-effect. 5. Manche Muskeln haben einen doppelten Bewegungs-effect, den sie für gewöhnlich combinirt zur Ausführung bringen; z. B. der M. biceps brachii ist Flexor und Supinator des Vorderarmes. Hindere ich durch andere Muskeln, dass eine dieser Bewegungen nicht ausgeführt wird, so betheiligt sich der Muskel auch nicht bei Ausführung der anderen.

Pronirt man z. B. stark den Vorderarm und beugt ihn in dieser Stellung, so bleibt der Biceps unbetheiligt; oder bei straff gestrecktem Ellenbogen supinirt

nur der M. supinator brevis, nicht der Biceps. — Ein anderes Beispiel liefern die Kaumuskeln. Der M. masseter hebt den Unterkiefer und zieht ihn zugleich nach vorn. Wird der gesenkte Kiefer jedoch sehr stark rückwärts gezogen gehalten, so betheiligt sich an der nun erfolgenden Hebung des Kiefers der Masseter nicht. — Der M. temporalis hebt den Kiefer und zieht ihn zugleich rückwärts. Wird der gesenkte Kiefer in stark vorgezogener Stellung gehoben, so betheiligt sich der Temporalis nicht an der Hebung. Erst bei stärkster Anstrengung, oder wenn durch andere mechanische Ursachen auf die Stellung der Knochen besonders eingewirkt wird, vollführen die Muskeln dieser Gruppe auch diesen einseitigen Bewegungseffect. — Interessante analoge Verhältnisse bieten auch die Flexoren des Unterschenkels.

Dy- und polyarthrodiale Muskeln.

6. Zwei- oder vielgelenkige Muskeln nennt man diejenigen, welche ihren Verlauf vom Ursprung bis zum Ansatz über 2 oder mehrere Gelenke hinweg nehmen. Bei ihnen erleidet entweder die Richtung der Sehnen in gewissen Stellungen einen von der geraden Richtung abweichenden Verlauf, wie z. B. die der Extensoren und Flexoren der Finger und Zehen bei Beugung der letzteren, — oder die Richtung bleibt stets eine Gerade, z. B. beim M. gastrocnemius. Die Muskeln dieser Gruppen bieten noch folgende interessanten Verhältnisse dar: — a) die Erscheinung der sogenannten activen Insufficienz (C. Hüter, Henke). Werden durch Stellungen der Gelenke, über welche der Muskel hinweg läuft, dessen Ursprung und Ansatz zu sehr genähert, so kann es hierdurch kommen, dass der Muskel sich so sehr zusammenziehen müsste, bevor er noch zur Wirkung kommt, dass von demjenigen Verkürzungsgrade an, von dem er erst wirksam sein könnte, eine fernere active Verkürzung nicht mehr möglich ist: z. B. kann bei winkeliger Kniestellung der M. gastrocnemius eine Plantarflexion des Fusses überhaupt nicht mehr vollführen; den Zug an der Achillessehne vollzieht allein der Soleus. — b) Die passive Insufficienz (C. Hüter, Henke) zeigen die vielgelenkigen Muskeln unter folgenden Bedingungen. Es kann bei gewissen Gelenkstellungen ein Muskel bereits so sehr gedehnt und gespannt sein, dass er von dieser Stellung aus gewisse Bewegungen anderer Muskeln wie ein straffer behindernder Zügel hemmend beschränkt: z. B. ist der M. gastrocnemius zu kurz, um bei Streckung im Knie die höchste Dorsalflexion des Fusses zu gestatten. — Die vom Tuber ischii entspringenden langen Beuger des Unterschenkels sind zu kurz, um bei spitzwinkeliger Beugung im Hüftgelenk volle Streckung im Kniegelenk zu gestatten. — Die Strecksehnen der Finger sind zu kurz, um bei stärkster Beugung im Handgelenk noch dazu stärkste Beugung der Fingerglieder zuzulassen.

Active Insufficienz derselben.

Passive Insufficienz derselben.

Synergeten und Antagonisten.

7. Synergeten heissen solche Muskeln, welche gemeinsam einem gewissen Bewegungsmodus dienen: z. B. die Flexoren des Unterschenkels, die Wadenmuskeln u. A. Auch die Bauchmuskeln mit Inbegriff des Zwerchfells als Verkleinerer des Bauchraumes (bei der Bauchpresse), — ferner die Inspiratoren, oder die Exspiratoren können als Synergeten betrachtet werden.

Auch die verschiedenen Köpfe eines Muskels oder die zwei Bäuche eines Biventer können von diesem Gesichtspunkte aus aufgefasst werden.

Antagonisten (Galenus) hingegen heissen solche Muskeln, die in ihrer Thätigkeit die entgegengesetzte Wirkung anderer Muskeln haben. So sind Antagonisten: Beuger und Strecker, — Pronatoren und Supinatoren, — Adductoren und Abductoren, — Levatoren und Depressoren, — Sphincteren und Dilatatoren, — Inspiratoren und Exspiratoren.

Unwillkürlich gewählte Anfangsstellungen der Muskeln bei den Bewegungen.

Unwillkürlich pflegen wir, wenn es sich darum handelt, mit voller Kraft die Wirkung eines Muskels zu entfalten, diesen vorher in den Zustand möglichster Dehnung zu versetzen („Ausholen"), da von dieser aus thatsächlich der Muskel der grössten Kraftentfaltung fähig ist [pg. 562. 3. (Schwann)]. Umgekehrt wird bei zarten, möglichst kraftlosen Bewegungen eine Stellung gewählt, in welcher der betreffende Muskel bereits sich in grösserer Verkürzung befindet.

309. Pathologische Abweichungen der Bewegungsfunctionen.

Störungen der normalen Bewegungen kommen theils an dem passiven Bewegungsapparate (Knochen, Gelenke, Bänder, Aponeurosen), theils an dem activen (Muskeln nebst Sehnen, und motorische Nerven) zur Erscheinung.

Störungen der passiven Bewegungsorgane.

Brüche, cariöse und nekrotische Zerstörungen, ferner Entzündungen, welche die Bewegungen der Knochen im hohen Grade schmerzhaft machen, beeinträchtigen die Bewegungen oder machen sie sogar völlig unmöglich. Aehnlich wirken Ausrenkungen der Gelenke, Erschlaffungen der Gelenkverbindungen, Entzündungen der Gelenke, oder gar feste Verwachsungen der Gelenkenden (Ankylose), oder der das Gelenk umgebenden Bänder und Weichtheile. Abweichungen von der normalen Function können ferner bedingt sein durch abnorme Krümmungen der Knochen, Anschwellungen (Hyperostose) oder auch Auswüchse (Exostose). Zu den abnormen oft vorkommenden Stellungen der Skelettheile sind zu rechnen die Verbiegungen der Wirbelsäule nach der Seite (Skoliosis), nach hinten (Buckel, Kyphosis), oder nach vorn (Lordosis). Diese bringen vielfache Störungen der Athembewegungen mit sich. An den Unterextremitäten, welche die Last des Körpers zu tragen haben, bildet sich, zumal bei schlaffen langgewachsenen jugendlichen Individuen, die vorwiegend stehendes Gewerbe treiben, das Genu valgum (Bäckerbein) aus. Die umgekehrte Biegung der Beine (Genu varum, Säbelbein) ist vornehmlich Folge rachitischer Erkrankung. — Der Plattfuss (Pes valgus) beruht auf einer Niederpressung des Fussgewölbes, das nun nicht mehr auf seinen drei normalen Stützpunkten ruht. Demselben liegen vielfach dieselben Ursachen wie dem Genu valgum zu Grunde. Die Bänder der kleinen Gelenke der Fusswurzeln sind gedehnt, die Längsachsen der Füsse sind meist stark nach aussen gerichtet, der innere Fussrand ist dem Boden mehr zugewendet, Schmerzen im Fusse und an den Maleolen machen das Gehen und Stehen beschwerlich. — Der Klumpfuss (Pes varus), bei welchem der innere Fussrand emporgehoben und die Fussspitze aufwärts und nach innen gewendet ist, beruht auf einer fötalen Hemmungsbildung. Alle Kinder werden mit sehr geringen Graden dieser Stellung geboren. — Der Spitzfuss (Pes equinus), bei welchem die Fussspitze, und der Hackenfuss (Pes calcaneus), bei welchem die Hacke den Fussboden berühren, beruhen meist auf einer Contractur der diese Stellungen erzeugenden Muskeln, oder auf Lähmung ihrer Antagonisten.

Verbiegungen der Wirbelsäule. Difformitäten der unteren Extremitäten.

Rachitis und Osteomalacie.

Bei anhaltendem Mangel von Erdsalzen in der Nahrung verarmt das Skelet an diesen; die Knochen werden dünn, durchsichtig, sogar biegsam. Auf diesem Zustande der Ernährung beruht die Rachitis der Kinder und die identische Lähme der jungen Hausthiere. Verlieren jedoch die bereits völlig gebildeten Knochen späterhin wieder ihre Kalksalze bis zu $^1/_2$ oder $^1/_3$ (Halisteresis) und werden dadurch brüchig und weich (Osteomalacie), so entstehen analoge Störungen der Bewegungsfunction. Ein gewisser geringer Grad der Knochenbrüchigkeit und Halisterese ist dem Greisenalter eigenartig.

Pathologische Abweichungen an den Muskeln.

Was die pathologischen Abweichungen der Muskeln anbetrifft, so sei zunächst darauf hingewiesen, dass die normale Ernährung des Muskelgewebes nur dann stattfinden kann, wenn hinreichende Zufuhr von Kochsalz und von Kalisalzen in der Nahrung statthat, weil diese integrirende Bestandtheile des Muskelgewebes sind (Kemmerich, Forster). Die vorhandenen Muskeln atrophiren, Neubildungen derselben werden verhindert. Weiterhin leiden unter diesen Umständen noch das Centralnervensystem, der Verdauungsapparat, und die Thiere gehen zu Grunde. — Inwieweit die Muskeln in Inanitionszuständen leiden, ist pag. 441 mitgetheilt. — Weiterhin pflegen aber auch Muskeln (und Knochen), welche aus irgend einem Grunde nicht arbeiten, der Atrophie zu verfallen (pag. 448, 1); in den atrophischen Muskeln bei Ankylose trifft man oft eine enorme Vermehrung der Muskelkörperchen, die sich als „atrophische Wucherung" auf Kosten des contractilen Inhaltes vermehren (Cohnheim). Ein gewisser Grad der Muskelatrophie tritt normal im Greisenalter ein.

Besonders merkwürdig ist die bedeutende Reduction (von 1000 auf 350 Gr.) der Muskelsubstanz an dem Uterus nach der Geburt, die zum Theil auf der Beschränkung der Vascularisation des Organes beruht. — Bei der Bleivergiftung gehen vornehmlich die Extensoren und Interossei der Atrophie entgegen. — Atrophien und Entartungen der Muskeln haben in zweiter Linie Verkürzungen und Verdünnungen der Knochen im Gefolge, an denen sie sich ansetzen.

Durchschneidungen und Lähmungen der motorischen Nerven ziehen Unthätigkeit der Muskeln mit schliesslicher Entartung derselben nach sich. Aber auch Entzündungen, Erweichungen oder Sclerose der Ganglienzellen der Vorderhörner oder der motorischen Stilling'schen Kerne (Nn. facialis, glossopharyngeus, accessorius, hypoglossus) in der Medulla oblongata haben Atrophien der mit ihnen in Verbindung stehenden Muskeln zur Folge. Acut treten so die spinale Lähmung und die acute Bulbärparalyse (Paralyse der Medulla oblongata) auf, in chronischem Verlaufe die progressive Muskelatrophie und die progressive Bulbärparalyse. Die Muskeln und ihre Nerven werden hierbei schmal, welk. Die Muskeln zeigen viele Kerne, ihr contractiler Inhalt ist theilweise verfettet, später ganz geschwunden. Das intramusculäre Bindegewebe ist vermehrt, oft auch das zwischenliegende Fett. Nach Charcot sind diese nervösen Centralstellen zugleich die Ernährungscentren der von ihnen ausgehenden Nerven und der dazu gehörigen Muskeln. Nach Friedreich handelt es sich jedoch bei der progressiven Muskelatrophie um ein primäres Leiden der Muskeln, um eine primäre interstitielle Muskelentzündung mit atrophisch-degenerativem Ausgang, und erst secundär wird der nervöse Centraltheil mit in die Entartung hineingezogen, ähnlich wie nach Amputationen eines Gliedes entsprechende Theile des Rückenmarkes nachträglich entarten.

Es sei endlich noch die Pseudohypertrophie oder lipomatöse Muskelatrophie erwähnt (Friedreich, Eulenburg), bei welcher die Muskelfasern total atrophisch sind bei reichlicher Fettentwickelung zwischen den Fasern, ohne dass jedoch die Nerven oder das Rückenmark entartet wären (Eulenburg, Cohnheim). — Auch der amyloiden Entartung kann der Muskelinhalt anheimfallen, wobei die amyloide Substanz das Gewebe durchdringt und dieselbe infiltrirt (pag. 457, 9). — Mitunter zeigen atrophische Muskeln eine tief braunrothe Farbe, die wohl von einer Veränderung des Muskelhämoglobins herrührt. — Muskeln, denen dauernd die Ueberwältigung grösserer Arbeit obliegt, wie dem Herzmuskel, oder den Muskeln der Blase, des Darmes, zeigen eine Hypertrophie ihres Gewebes.

Störungen am Muskelsysteme, die allein vom Nervensysteme abhängig sind, werden bei jenem besprochen.

Specielle Bewegungslehre.

310. Stehen.

Definition.

Stehen ist die durch Muskelaction gesicherte senkrechte Gleichgewichtslage des Körpers, bei welcher die Schwerlinie (d. i. das vom Schwerpunkte des Körpers gefällte Loth) im Bereiche der Unterstützungsflächen beider Fusssohlen den Boden trifft. Unter den verschiedenen möglichen Stellungen soll hier nur das aufrechte „militärische" Geradestehen analysirt werden, bei welchem nach zwei Richtungen hin Muskelthätigkeit wirksam ist, nämlich: 1) um den gegliederten Körper zu einer unbeugsamen Säule zu fixiren (zu steifen), und 2) um im Falle einer Schwankung des Gleichgewichtes durch passenden Muskelzug die Störung desselben wieder auszugleichen.

Die folgenden Einzelacte beim Stehen ergeben sich wie folgt:

Fixation des Kopfes.

1. Die Fixation des Kopfes auf der Wirbelsäule. Das Hinterhaupt kann sich auf dem Atlas (dessen beide concaven Gelenkflächen nach vorn convergiren) in verschiedener Weise bewegen. Am ergiebigsten ist die Nickbewegung. Da der Schwerpunkt des Kopfes vor dem Unterstützungspunkte am Atlas liegt, so senkt sich bei Erschlaffung der Muskeln (im Schlafe oder Tode) das Kinn auf die Brust. Die starke Nackenmusculatur, welche von der Wirbelsäule gegen das Hinterhaupt zieht, fixirt den Kopf in fester Stellung auf der Wirbelsäule.

Nur unerheblich vermag der Kopf in den Atlasgelenken noch gedreht werden, um die sagittale Axe, ebenso und zwar nur bei gebeugtem Nacken um die verticale Axe. Zur Behinderung dieser Bewegungen bedarf es keiner besonderen Muskelthätigkeit beim Stehen.

Beweglichkeit der Halswirbel.

Die vornehmlichste Drehbewegung des Kopfes um die verticale Axe geschieht um den Zahn des Epistropheus. Die Gelenkflächen der Schieffortsätze des 1. und 2. Wirbels sind gegen einander in der Mitte convex, nach vorn und nach hinten etwas niedriger werdend; der Kopf steht daher am höchsten bei der Geradstellung; dreht er sich um den Zahn, so „schraubt" sich das Haupt um etwas herunter. Hierdurch wird bei starker Kopfdrehung eine Zerrung der Medulla vermieden (Henke). Beim Stehen bedarf es zur Fixirung dieser Wirbel keiner Muskelaction, da bei ruhenden Nackenmuskeln und Kopfnickern keine Drehung erfolgen kann.

Fixation der Wirbelsäule.

2. Die Wirbelsäule erfordert an denjenigen Abschnitten eine Fixation durch Muskeln, an denen ihre Beweglichkeit am grössten ist: diese sind der Hals- und Lendentheil. — Hier bedingen die zahlreichen und starken Muskeln der Halswirbelsäule (zumal die Nackenmuskeln) und die Lendenmuskeln, namentlich die starken Ursprungsmassen des Extensor dorsi communis, unterstützt unter anderen vom Quadratus lumborum, die Fixation.

Die unbeweglichsten Wirbel sind der 3. bis 6. Brustwirbel; das Kreuzbein ist ganz unbeweglich. Für eine gewisse Länge der Säule hängt die Beweglichkeit ab: a) von der Zahl und Höhe der elastischen Zwischenbandscheiben. Sie sind am zahlreichsten am Halstheil, am dicksten im Lenden- und (relativ auch) im unteren Halstheile. Sie gestatten eine Bewegung nach jeder Richtung hin.

Beweglichkeit der Wirbelsäule.

Die Intervertebralscheiben haben zusammen den vierten Theil der Höhe der ganzen Wirbelsäule. Durch den Druck des Körpers sinken sie etwas ein; daher ist der Körper des Morgens und nach langem Liegen am grössten. Die kleinere Peripherie des Körpers der Halswirbel muss für die Beweglichkeit derselben an den Scheiben günstiger sein, als die grosse der unteren Wirbel. — b) Die Stellung der Fortsätze bedingt weiterhin wesentlich die Beweglichkeit. Die stark gesenkten Dornen der Brustsäule verhindern die Hyperextension. Die Gelenkfortsätze stehen an den Halswirbeln so, dass die Flächen schräg von vorn und oben nach hinten und unten gerichtet sind; dies ermöglicht die relativ freie Bewegung: Drehung, Seitenneigung und Nickbewegung. — Im Brusttheile sind die Gelenkflächen der oberen Schieffortsätze vertical und gerade nach vorn, die unteren gerade nach hinten gerichtet, im Lendentheile ist die entsprechende Lage fast völlig vertical und sagittal. — Bei stärkster Hintüberbeugung sind die beweglichsten Punkte der Säule die unteren Halswirbel, 11. Brust- bis 2. Lenden-, und 2 untere Lendenwirbel (E. H. Weber).

3. Der Schwerpunkt des so vereinten abgesteiften Körpertheiles, Kopf und Rumpf mit den Armen, liegt vor dem 10. Brustwirbel (Horner) [um so mehr nach vorn, je gefüllter der Bauchraum (durch Nahrung, Fett, Gravidität) ist] und in einer horizontalen Ebene, welche durch den Processus xiphoides geht (Gebr. Weber).

Unterstützung von Kopf und Rumpf.

Das vom Schwerpunkte gefällte Loth geht hinter der Vereinigungslinie beider Hüftgelenke nieder zur Erde. Der Rumpf würde somit im Hüftgelenke hintenüber fallen, wenn dies nicht theils durch ligamentöse Apparate, theils durch Muskeln verhindert würde. Erstere sind das 14 Mm. dicke (zwischen Spina anterior inferior und Linea intertrochanterica antica ausgespannte) Ligamentum ileofemorale und das vordere straffe Blatt der Fascia lata. Da jedoch Bänder niemals für sich allein einem dauernden Zuge widerstehen können, so werden sie ganz wesentlich unterstützt durch den M. Ileospoas (Ansatz am Trochanter minor), zum Theil auch von dem (über der Pfanne aufwärts bis zur Spina anterior inferior entspringenden) M. rectus femoris. — Ein seitliches Einknicken im Hüftgelenke, wobei der eine Schenkel ab-, der andere adducirt werden müsste, wird ganz vorwiegend durch die grossen Massen der Glutei verhindert, die hinten und seitlich Schenkelknochen und Hüftbein fixiren. Bei gestrecktem Schenkel vermag auch das Lig. ileofemorale die Adduction zu verhindern, unterstützt von der gespannten Fascia lata.

Unrichtig ist die Angabe, dass unter normalen Verhältnissen das Lig. teres bei gestrecktem Oberschenkel die Adduction, bei gebeugtem die Rotation im Hüftgelenke durch Spannung inhibiren könne. Das kann nur der Fall sein, nachdem die Kapsel und das Lig. ileofemorale verletzt sind. Am unverletzten Gelenke vermag das Lig. teres bei keiner Bewegung durch Spannung hemmend einzuwirken.

Unterstützung von Kopf + Rumpf + Oberschenkel.

4. Das abgesteifte Stück der Körpersäule: Kopf, Rumpf mit Armen und Oberschenkel, dessen Schwerpunkt etwas niedriger und nur so wenig mehr nach vorne liegt, dass die Schwerlinie in die Verbindungslinie des hinteren Randes der Kniegelenke fällt, — muss nun in den Kniegelenken fixirt werden. Zum Verhüten des Hintenüberfallens genügt schon eine geringe Kraft des M. quadriceps femoris, unterstützt durch die Spannung der Fascia lata. Indirect soll auch das Lig. iliofemorale das Hintenüberfallen verhindern helfen, weil nämlich bei letzterem die Oberschenkel nach aussen rotirt werden müssen, was das besagte, in der senkrechten Stellung gespannte Ligament verhindert. Das seitliche Einknicken in den Kniegelenken ist schon durch die Einrichtung des durch die starken Ligamenta genu lateralia verstärkten Charniergelenkes unmöglich. Eine Rotation im Kniegelenke ist im gestreckten Zustande nicht möglich (pag. 572, 3).

Stützung im Fussgelenke.

5. Vom Schwerpunkt des ganzen Körpers, welcher im Promontorium liegt, trifft das Loth etwas vor der die beiden Fuss- (Sprung-) Gelenke verbindenden Linie den Boden. Der Körper würde also in letzterem Gelenke vornüber fallen. Dies verhindern in erster Linie die Wadenmuskeln, unterstützt von den Muskeln der tiefen Schicht des Unterschenkels (Tibialis posticus, die Zehenbeuger, Peroneus longus und brevis).

Als unterstützende Momente sind noch namhaft gemacht worden: a) Da die Längsachsen der Füsse unter einem Winkel von 50° (an den Fersen) zusammenstehen, so kann das Vornüberfallen erst dann stattfinden, nachdem die Füsse eine mehr mit den Längsachsen parallele Lage eingenommen haben. — b) Dem Vornüberfallen widerstrebt auch die Form der Gelenkflächen des Fusses, da hierbei der vordere breitere Theil der Talusrolle sich zwischen die beiden Condylen einklemmen müsste. Offenbar kommen letztere Momente wenig in Betracht, da es zum Vornüberfallen gar nicht einer so bedeutenden Veränderung der Stellung bedürfte, dass jene Mechanismen wirksam eingreifen könnten.

Der Fuss und seine Unterstützungspunkte.

6. Die Mittelfuss- und Fusswurzelknochen bilden durch straffe Bänder vereint das „Fussgewölbe“, welches mit 3 Punkten den Boden berührt: Tuber calcanei (Hacke) — Capitulum ossis metatarsi primi (Grosszehenballen) — et quinti. Zwischen beiden letzteren Punkten bilden jedoch auch die Metatarsalköpfchen der übrigen Zehen Stützpunkte. Die Körperlast trifft den höchsten Punkt des Fussgewölbes, das Caput tali. Die Wölbung des Fusses wird nur durch Bänder fixirt. Die Zehen spielen beim Stehen keine Rolle, sie können allerdings durch ihr Muskelspiel das Balanciren des Körpers wesentlich unterstützen. — Gerades Stehen ermüdet mehr, als das Gehen.

311. Sitzen.

Definition.

Unter Sitzen versteht man die Gleichgewichtslage, wobei der Körper auf den Tubera ischii seine Unterstützung findet, auf denen eine nach vorn und hinten wiegende Bewegung stattfinden kann, wie auf den gebogenen Grundhölzern eines Schaukelpferdes (Herm. Meyer).

Kopf und Rumpf sind zusammen abgesteift zu einer unbeweglichen Säule wie beim Stehen. Der wesentliche Zweck des Sitzens ist die zeitweise Ausserdienststellung der Unterextremitäten, deren Muskeln in der Ruhe sich erholen können. Man hat unterschieden: — 1. Die vordere Sitzlage, bei welcher die Schwerlinie vor den Tubera niedergeht. Hierbei stützt sich der Körper entweder gegen einen festen Gegenstand (z. B. mittelst der Arme auf den Tisch), oder gegen die obere Fläche der (entweder horizontal gerichteten, oder durch Unterlage unter den Füssen im Hüftgelenk spitzwinkelig gebeugten) Oberschenkel. — 2. Die hintere Sitzlage ist durch das Niedergehen der Schwerlinie hinter den Tubera charakterisirt. Das Hintenüberfallen wird hierbei verhindert entweder durch eine Rückenlehne (reicht letztere bis zum Kopfe hin, so kann auch die Nackenmusculatur in der Ruhe erschlaffen), — oder durch das Gegengewicht der durch Muskelaction gestreckten Beine: hierbei kann das Steissbein einen weiteren Stützpunkt bieten, während der Rumpf durch den Ileospoas und Rectus femoris an den Oberschenkeln fixirt ist, die Unterschenkel durch den Extensor quadriceps gestreckt gehalten werden. Meist wird der Schwerpunkt so gelegt, dass die Fersen der Füsse einen neuen Unterstützungspunkt abgeben. Die letztbesagte Sitzlage ist zum Ausruhen der Unterextremitätenmuskeln natürlich nicht geeignet. — 3. Bei der mittleren Sitzlage („Geradesitzen") fällt die Schwerlinie zwischen die Tubera selbst. Die Muskeln der Unterextremitäten sind erschlafft, der abgesteifte Rumpf braucht nur durch leichte Muskelaction balancirt zu werden, wobei das Hintenüberfallen durch den Ileospoas und Rectus femoris, das Vornüberfallen durch die Lendentheile der starken Rückenmuskeln verhindert wird. Meist genügt jedoch schon das Balancement des Kopfes zur Erhaltung des Gleichgewichtes.

Vordere Sitzlage. — *Hintere Sitzlage.* — *„Geradesitzen."*

312. Gehen; — Laufen.

Unter Gehen versteht man die mit möglichst geringer Muskelanstrengung ausgeführte horizontale Fortbewegung durch abwechselnde Thätigkeit beider Beine. Durch die Untersuchungen von Wilh. und Eduard Weber ist über die Mechanik der Gehwerkzeuge Folgendes ermittelt. — Beim Gehacte sind abwechselnd die Beine thätig: während das eine den Körper trägt („Stützbein", oder „actives" Bein), ist das andere unthätig („Hangbein", oder „passives" Bein): — es macht somit jedes Bein im regelmässigen Wechsel eine „active und eine passive Phase" durch. Die Gehbewegung kann nun in folgende einzelne Acte zerlegt werden:

Definition. — *Actives und passives Bein.*

I. Act (Fig. 114 2): Das active Bein steht senkrecht, im Kniegelenke leicht gebeugt, und unterstützt allein den Schwerpunkt des Körpers.

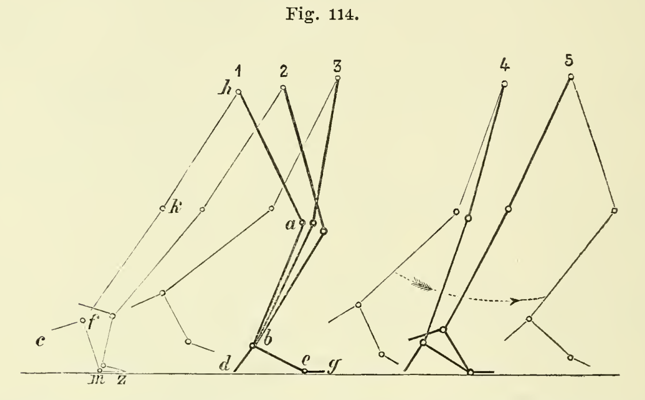
I. Act des Gehens.

Das passive Bein ist völlig gestreckt und berührt nur mit der Grosszehenspitze (z) den Boden. Diese Beinstellung entspricht einem rechtwinkeligen Dreieck, in welchem das

active Bein und der Boden die beiden Katheten, das passive die Hypotenuse bildet.

II. Act. II. Act: Zur Vorbewegung des Rumpfes neigt sich das active Bein aus seiner senkrechten (Katheten-) Stellung in eine nach vorn geneigte schräge (Hypotenusen-) Stellung (3). Damit hierbei der Rumpf in gleicher Höhe erhalten bleibe, ist es nothwendig, dass sich das active Bein verlängere. Dies geschieht zunächst durch völlige Streckung im Knie (3. 4. 5), — sodann

Fig. 114.



Phasen der Gehbewegung. Die dicken Linien bezeichnen das active, die dünnen das passive Bein. *h* Hüftgelenk; — *k*. *a* Kniegelenk; — *f*. *b* Fussgelenk; — *c*. *d* Ferse; — *m*. *e* Ballen des Mittelfusszehengelenkes; — *z*. *g* Grosszehenspitze.

aber durch Erhebung der Ferse vom Boden (4. 5), (so dass der Fuss auf dem Ballen der Metatarsalköpfchen ruht), — endlich durch Erhebung auf die Grosszehenspitze (2. dünne Linie). [Da die beiden Abschnitte des Fusses sich hintereinander vom Boden abheben, wie die Glieder einer Messkette, die vom Boden aufgehoben („abgewickelt") wird, so hat man die Fussabhebung vom Boden auch „Abwicklung" des Fusses genannt.] Während sich die Streckung und Vorneigung des activen Beines vollzog, hatte das passive Bein mit der Zehenspitze den Boden verlassen müssen (3). Indem es sich nun im Kniegelenke etwas beugt (behufs der Verkürzung), vollzieht es zugleich eine „Pendelbewegung" (4. 5), durch welche sein Fuss ebenso weit vor dem activen bewegt wird, als er hinter demselben bis dahin stand. Hier angelangt, wird der Fuss flach aufgesetzt (1, 2. dicke Linie); — der Schwerpunkt wird auf dieses nunmehr active Bein verlegt, welches sich zugleich etwas im Knie gebeugt senkrecht stellt. Hiermit sind wir wieder am Beginne des 1. Actes angelangt.

Mitbewegungen am Rumpfe. Beim Gehen zeigt auch der Rumpf einige charakteristische Mitbewegungen: 1. Derselbe neigt sich jedesmal durch Zug der Glutei und des Tensor fasciae latae auf das active Bein hinüber behufs Uebertragung des Schwerpunktes, was

zumal bei schweren breitbeckigen und kleinen Personen den „watschelnden" Gang bedingt. — 2. Der Rumpf wird zur Ueberwindung des Luftwiderstandes (zumal bei schnellem Gehen) vornüber geneigt balancirt getragen. — 3. Während des „Pendelns" macht der Rumpf eine geringe Drehbewegung um den Kopf des activen Femur. Diese Drehung wird jedoch dadurch compensirt, dass (zumal bei schnellem Gehen) der Arm an derselben Seite des pendelnden Beines im entgegengesetzten Sinne pendelt, der an der anderen Seite aber zugleich im gleichen Sinne wie das pendelnde Bein.

Einflüsse auf die Dauer des Schrittes.

Auf die zeitlichen Verhältnisse des Gehens machen sich folgende Einflüsse geltend: 1. Die Dauer des Schrittes. Da die Schnelligkeit der Pendelbewegung von der Länge des Beines abhängt, so ist es ersichtlich, dass jedem Individuum seiner Beinlänge entsprechend eine gewisse natürliche Pendelzeit zukommen muss, welche die gewohnheitsgemässe Gehschnelligkeit vornehmlich bedingt. — Die „Schrittdauer" hängt aber ausserdem noch ab von der Zeit, innerhalb welcher beide Füsse den Boden zugleich berühren, die man natürlich ganz willkürlich verlängern kann. Beim „Schnellschritt" ist die Zeit = 0, d. h. in dem selben Moment, in welchem das active Bein auf den Boden gesetzt wird, wird auch dass passive aufgehoben. 2. Die Länge (Spannung) des Schrittes muss um so grösser sein, je mehr die Länge der Hypotenuse des passiven Beines die der Kathete des activen übertrifft. Aus diesem Grunde wird bei grössten Schritten das active Bein stark verkürzt (durch Kniebeugung), so dass der Rumpf niedriger getragen wird. Desgleichen werden überhaupt lange Beine grössere Schritte machen können.

Einflüsse auf die Grösse des Schrittes.

„Die Pendelbewegung."

Nach Marey kann die pendelnde Bewegung des passiven Beines nicht als eine wahre Pendelschwingung angesehen werden, weil dieselbe (durch Muskelaction) eine mehr gleichmässige Geschwindigkeit besitzt. — Nach Ed. und Wilh. Weber sollte der Schenkelkopf des passiven Beines lediglich durch den Luftdruck in der Pfanne fixirt sein, so dass es zum Tragen des ganzen Schenkels keiner Muskelthätigkeit bedürfe. Schneidet man alle Muskeln und die Gelenkkapsel durch, so bleibt gleichwohl der Kopf in der Pfanne haften. Rose bezieht diese Erscheinung nicht auf die Wirkung des Luftdruckes: es handle sich um 2 Adhäsionsplatten, die durch Synovia gegen einander gerieben seien. Die Angabe, dass nach Anbohrung des Pfannengrundes der Schenkelkopf aus der Pfanne falle, kann nicht für die Luftdrucktheorie verwerthet werden. Ich habe oftmals vorsichtig vom Becken aus den Pfannengrund durch Meisseln eröffnet; alsdann fällt der Kopf nicht heraus, nur wird entsprechend der Grösse des weggenommenen Pfannengrundes die Adhäsionskraft geschwächt. Dass der Schenkelkopf beim Anbohren herausfällt, rührt einfach daher, weil die eindringende Spitze des Bohrers den Kopf vor sich weg drängt.

Fixation des Schenkelkopfes in der Hüftpfanne.

Laufen.

Das Laufen unterscheidet sich vom Schnellschritt dadurch, dass ein Moment existirt, in welchem beide Beine vom Boden entfernt sind, der Körper also in der Luft schwebt. Hierzu muss allemal das active Bein, indem es sich aus einer mehr gebeugten Stellung mit Macht streckt, dem Körper die hinreichende Schwungkraft verleihen.

313. Vergleichendes zur Bewegungslehre.

Stehen der Säuger. Bei den Vierfüsslern ist das Stehen wegen der viel grösseren Unterstützungsfläche wesentlich erleichtert; die springenden unter ihnen haben dabei eine mehr sitzende Stellung und gebrauchen dazu den Schwanz zur Stütze (Känguruh, Eichhörnchen). — *Stehen und Hocken der Vögel.* Bei den Vögeln findet sich eine mechanische Einrichtung, dass beim Niederducken ihre Zehen flectirt werden; auf diese Weise vermögen sie sich schlafend auf Zweigen festzuhalten (Cuvier). Dem Storch und Kranich wird das lange Stehen auf einem Beine dadurch erleichtert, dass es zur Absteifung dieses keiner Muskelthätigkeit bedarf, da nämlich zur Fixation ein Zapfen des Schienbeines in eine Vertiefung der Gelenkfläche des Femur eingreift.

Gang der Vierfüssler. Schritt. Beim Gehen der Vierfüssler unterscheiden wir den Schritt (le pas): die vier Füsse werden in vier Tempi und zwar stets diagonal nach einander bewegt; z. B. beim Pferde, rechts vorn, links hinten; links vorn, rechts hinten. Eine Beschleunigung dieser Gangart, so dass diagonal in zwei Tempi die Beine *Trab.* versetzt werden, zugleich mit grösserer Emporbewegung des Körpers wird Trab *Galopp.* (le trot) genannt. — Beim Galopp (le galop) werden drei Tempi wahrgenommen. Zuerst wird der linke Vorderfuss (Linksgalopp), dann der rechte Vorderfuss erhoben, dann stossen die Hinterbeine den Körper ab, und die Vorderbeine werden (links, dann rechts) niedergesetzt. Es kann aber auch der rechte Vorderfuss zuerst erhoben werden u. s. w. (Rechtsgalopp) — Im gestreckten Galopp *Carrière.* (le galop forcé, la carrière), der eigentlich ein fortwährendes Springen ist, setzen zuerst zugleich beide Vorderfüsse ein, sodann beide Hinterfüsse zugleich (oder doch fast zugleich). Beim Pferde beträgt hierbei die Geschwindigkeit bis 80 Fuss in 1 Secunde.

Die meisten Raubthiere, Hasen etc. haben als schnelle Gangart nur die Carrière.

Passgang. Der Passgang (l'amble) ist eine Modification des Schrittes, der manchen Thieren, z. B. Kameel, Giraffe, Elephant, eigen ist und darin besteht, dass an derselben Seite die beiden Füsse zugleich oder doch kurz hinter einander vorgesetzt werden. Auch unter den Pferden (nicht beliebt) und Hunden findet man Passgänger. Marey befestigte unter den Hufen des Pferdes compressible Ampullen, von denen Leitungen zu registrirenden Apparaten gingen, und verzeichnete so sehr genau die zeitlichen Verhältnisse der einzelnen Gangarten. —

Bei den Schlangen bewirken die sich ruderartig hebenden und senkenden Rippen die Fortbewegung des Körpers.

Schwimmen des Menschen. Das Schwimmen ist dem Menschen eine erlernte Kunst. Der Gesammtkörper ist durchschnittlich etwas specifisch schwerer, als das Flusswasser, etwas leichter jedoch als das Meerwasser. Beim ruhigen Liegen auf dem Rücken, wobei eventuell nur Mund und Nase über den Wasserspiegel tritt, bedarf es zum Verhindern des Untersinkens entweder nur ganz geringer oder gar keiner stossenden Bewegung der Hände nach abwärts. Zur Fortbewegung in dieser Lage genügen schon Streckungen und Adductionen der Beine. Beschleunigt wird die Bewegung durch rudernde Schläge der Arme. — Das Schwimmen auf dem Bauche ist deshalb beschwerlicher, weil der über dem Wasser gehaltene Kopf den Körper specifisch schwerer macht. Das Vorbewegen und Ueberwasserhalten wird in folgenden drei Tempi vollzogen: Erstes Tempo: Horizontales Rudern der ausgestreckten Arme von vorn bis zur wagerechten Stellung (Fortbewegung); — zweites Tempo: Druck der Arme nach unten gegen die Tiefe mit nachfolgender Anziehung der Ellenbogen an den Leib (Heben des Körpers), dabei Anziehen der gespreizten Beine; — drittes Tempo: Vorstossen der zusammengelegten Arme und zugleich Extension und Adduction der Beine schräg nach hinten und gegen die Tiefe (wodurch sowohl Hebung des Körpers, als auch Fortbewegung bewirkt wird). Zu rasche Bewegungen sind erschöpfend und zweckwidrig; auf passende Athembewegungen ist ganz besonders zu achten.

Schwimmen der Säugethiere. Viele landbewohnende Säuger, deren Körper specifisch leichter als Wasser ist, bewegen sich gleichsam gehend durch dasselbe, namentlich mittelst der Hinterfüsse, während zugleich alle abwärts gerichteten Füsse als

specifisch schwerste Theile dem Körper die normale Lage sichern. Die viel im Wasser lebenden Säuger, Reptilien und Amphibien besitzen Schwimmhäute und theilweise einen an den Fischbau erinnernden Ruderschwanz (Biber); die Wale sind in ihrem Körperbau äusserlich den Fischen sehr ähnlich.

Schwimmen der Fische.

Den Fischen dient in erster Linie der Schwanz, der durch die mächtigen Seitenmuskeln bewegt wird, als Bewegungsorgan. Meist ist die Schwanzflosse oben und unten in zwei entgegengesetzte Richtungen gebogen, bei geringeren Bewegungen nur nach einer. Durch die plötzliche Streckung des Schwanzes üben sie gegen das Wasser einen Druck aus und stossen sich so fort. Manche (Lachs) vermögen sich so hoch aus dem Wasser emporzuschleudern. Rücken- und Afterflossen sichern die senkrechte Lage. Die den Extremitäten entsprechenden Pectoral- und Abdominalflossen bewirken die kleineren Bewegungen, zumal auf und ab; im Schlafe sind letztere ausgebreitet. — Die Schwimmblase, welche den meisten Fischen zukommt [fehlt vielen Knorpelfischen (Cyclostomen), oder ist hier rudimentär (Hai)], mündet entweder durch den Luftgang in den Nahrungscanal, oder der Luftgang ist nur eine vorübergehende Bildung, welche später obliterirt. Das Organ ist zum Theil als echtes Athmungsorgan zu bezeichnen (mit zu- und abführenden Gefässen), zum Theil dient es zu hydrostatischen Zwecken. Bei den Dypnoei ist die Blase in eine Lunge umgewandelt (pag. 207). — Die Schwimmvögel besitzen einen specifisch sehr viel leichteren Körper als das Wasser und ein durch die Bürzeldrüse (pag. 535) eingeöltes Gefieder. Sie stossen sich mit ihren meist mit Schwimmhäuten versehenen Ruderfüssen nach vorn.

Schwimm-Vögel.

Flugbewegung der Säuger.

Der Flug ist unter den Säugern nur den Fledermäusen und ihren Verwandten gestattet. Die Knochen der oberen Extremität einschliesslich der Phalangen sind sehr verlängert, und zwischen diesen, sowie den Hinterextremitäten (mit Ausschluss der Füsse) ist eine dünne Flughaut ausgespannt, die auch theilweise der Schwanz mit trägt. Die sehr kräftigen Brustmuskeln, zum Theil von leistenartiger Erhebung des Sternums und den starken Claviculae entspringend, vollführen die flatternde Bewegung dieser Haut — Die sogenannten fliegenden Maki's, Eichhörnchen und Beutelratten haben nur seitlich zwischen den grösseren Knochen der Extremitäten eine ausgebreitete Duplicatur der Haut, deren sie sich beim Springen als Fallschirm bedienen. — Der Mensch vermag nicht die Flugbewegung mit Erfolg nachzuahmen, denn wenn er auch sich künstlicher Flügel bedienen wollte, so würde ihm die Kraft der Brustmuskeln fehlen, die zur Hebung des Körpers nothwendig ist.

Flug der Vögel.

Der Körper des Vogels ist specifisch sehr leicht. Von seinen Lungen aus verbreiten sich nämlich grosse lufthaltige Säcke in die Brust- und Bauchhöhle, ja selbst die Knochen stehen durch besondere Canäle mit den Lungen in Verbindung, so dass alle Räume in den Knochen des Schädels, der Wirbel, des Schnabels, der Extremitäten statt mit Mark mit Luft angefüllt sind (pag. 207). Die zu den Flügeln umgewandelten Oberextremitäten haben durch das mächtige Os coracoideum und die in der Mitte verwachsenen Claviculae (Furcula) ihre Stütze, und werden durch mächtige Brustmuskeln bewegt, die von der grossen Crista sterni entspringen.

Beim Auffliegen wird der Flügel halb geschlossen mit der vorderen Kante schräg nach vorn und aufwärts bewegt, wobei die Ebene des Flügels, ohne der Luft Widerstand zu geben, in gleicher Richtung dem Flügelrande folgt, dann wird er ausgebreitet in grossem Bogen nach abwärts und rückwärts mit seiner Fläche niedergedrückt. Indem so die untere Flügelfläche schräg von oben und vorn nach unten und hinten auf die Luft drückt, bewegt sich der Vogel nach vorn und oben. Die Vögel vermögen nur gegen den Wind aufzusteigen, theils weil der ihren Rücken treffende horizontal streichende Wind sie niederdrücken würde, theils weil derselbe das Gefieder in Unordnung bringen würde.

Bewegungsorgane der Wirbellosen. Insecten.

Unter den Wirbellosen besitzen alle Insecten 6 Beine; dazu theilweise zwei Flügelpaare (Schmetterlinge, Immen) am zweiten und dritten Thoraxsegment. Bei den Käfern und Ohrwürmern ist das erste Flügelpaar nur Decke; bei den Strepsiptera ist dasselbe ganz verkümmert. Umgekehrt ist das zweite Flügelpaar bis auf die kleinen Schwingkölbchen reducirt bei den Fliegen. Läuse, Flöhe, Bettwanzen haben gar keine Flügel. — Alle Spinnen besitzen 8 Beine

Arachniden.

Crustaceen. (die Milben in der Jugend 6). Bei den Tausendfüssern tragen die 3 ersten Körperringel je ein Beinpaar, alle folgenden entweder 1 oder 2 Paare. Bei den Krebsthieren finden sich meist auch zahlreiche Füsse, die zum Theil eigenartige Umbildungen erfahren haben, z. B. beim Flusskrebs in Kaufüsse, Scheeren, Schreitfüsse, Abdominalschwimmfüsse und Flossenfuss. — Alle Muskeln setzen sich bei den Gliederthieren an die Innenfläche ihres Chitinpanzers; die Muskeln selbst sind stark entwickelt und von grösster Kraftentfaltung und Schnelligkeit der Bewegungen.

Mollusken. Bei den Mollusken fehlen innere Stützorgane, dabei sind die äusseren (Schalen, Gehäuse) in einförmiger Bildung vorhanden. Die Muskeln, zum Theil quergestreift, bilden um den Leib einen „Hautmuskelschlauch", der die äussere Formveränderung des Leibes bewirkt. Bei den Muscheln ist der starke einfache oder doppelte Schliessmuskel der Schalen beachtenswerth, der bei Pecten (Kammmuschel) durch schnelles Gegeneinanderbewegen der Schalen eine springende Bewegung im Wasser bewirkt. Die mit Gehäusen versehenen Weichthiere sind mit starken Retractoren versehen. — *Würmer.* Bei den Würmern bildet ebenso das Integument mit den Muskeln einen Hautmuskelschlauch. Die glatten Muskelfasern sind entweder nur längsverlaufend (Rundwürmer), oder längs und quer (Kratzer), oder endlich längs, quer und senkrecht durch den Körper ziehend (Plattwürmer). Bei einigen Würmern finden sich musculöse Saugnäpfe, bei anderen an jedem Segmente 1—2 Paar beweglicher Fussstummel. — *Echinodermen.* Auch bei den Echinodermen sind die Muskeln mit dem Integumente verbunden: bei den Holoturien besteht eine äussere continuirliche Ringfaserschicht, und darunter eine in fünf getrennten Bändern angeordnete Längsmusculatur.

Bei den See- und Haarsternen bewegen besondere Muskeln die Glieder der strahlenförmigen Körpertheile; die mit fester Kalkkapsel umgebenen Seeigel haben besondere Muskeln, welche ihre Stacheln bewegen, mittelst derer sie der Locomotion fähig sind.

Coelenteraten. Unter den Coelenteraten haben die Medusen quergestreifte Muskelbänder unter der Körperhülle, die theils am Schirm, theils an den Tentakeln vorkommen. Unter den Polypen haben die Actinien eine stark musculöse Sohle, ausserdem Längs- und Ringfasern am Leibe und an den Fangarmen. Bei einigen Polypen begleiten auch Muskeln den Gastrovascularapparat (pag. 340).

Protozoen. Unter den Protozoen hat man quergestreifte Muskelfasern bei einigen Infusorien gefunden, z. B. im Stiele der Vorticellen, während ausserdem das bewegliche Protoplasma des Leibes oder willkürlich bewegliche Cilien die Bewegungen ausführen.

Die Stimme und Sprache.

314. Inbegriff der Stimme. — Physikalische Vorbemerke über die Klangerzeugung an Zungenwerken.

Begriff der Stimme. Der Strom der Exspirationsluft — (unter Umständen auch der der Inspirationsluft) — kann dazu verwendet werden, die wahren gespannten Stimmbänder des Kehlkopfes in regelmässige Schwingungen zu versetzen, wodurch ein Klang erzeugt wird. Diesen nennen wir die menschliche Stimme.

Membranöse Zungen. Die wahren Stimmbänder des Kehlkopfes sind elastische („membranöse") Zungen. Man versteht unter Zungen elastische Platten, welche den Raum (Rahmen), in welchem sie ausgespannt sind, fast vollständig verschliessen, jedoch einen kleinen Spielraum für ihre Bewegungen übrig lassen. *Windrohr.* Wird von einem unter den Zungen befindlichen Rohre (Windrohr) Luft gegen die Zungen geblasen, so weichen sie in dem Momente aus, in welchem die Spannung der Luft die elastische Spannung der Zungen übertrifft. Hierdurch entweicht plötzlich viel Luft, ihre Spannung nimmt rapide ab und die Zunge kehrt gegen ihre frühere Lage wieder zurück, um auf's Neue die besagte Bewegung zu wiederholen. Es ergibt sich hieraus:

1. Dass bei dem Schwingen der Zungen abwechselnd Verdichtungen und Verdünnungen der Luft entstehen müssen. Diese sind es vornehmlich, welche (wie bei der Sirene) den Klang erzeugen, jedoch nicht so sehr die Zungen selbst (Helmholtz).

Klangerzeugung der Zungen.

2. Das „Windrohr" (welches die Luft den mebranösen Zungen zuleitet) ist am menschlichen Stimmwerkzeug der untere Larynxabschnitt, die Luftröhre und weiter abwärts der ganze Bronchialbaum; der Blasebalg ist der exspiratorisch durch Muskeln sich verkleinernde Thorax.

Das Windrohr. Das Blasewerk.

3. Der oberhalb der Zungen liegende Luftcanal wird „Ansatzrohr" genannt und besteht aus dem oberen Larynxabschnitt, dem Rachen und weiterhin aus den wie zwei Etagen über einander liegenden Mundhöhle und Nasenhöhle, die eines wechselseitigen Verschlusses fähig sind.

Das Ansatzrohr.

Die Höhe des Tones, welcher von einem Zungenwerke geliefert wird, ist von folgenden Momenten abhängig.

Einflüsse auf die Tonhöhe der Zungenwerke: Länge der Platten,

a) Von der Länge der elastischen Platte. Die Tonhöhe verhält sich umgekehrt proportional der Länge der elastischen Platte; d. h. je weniger Masseinheiten auf die Länge der elastischen Platte kommen, um so mehr Zeiteinheiten (Schwingungen) kommen auf den gebildeten Ton. Aus diesem Grunde ist der Stimmton der kindlichen (kürzeren) Stimmbänder ein höherer, als der der Erwachsenen.

b) Die Höhe des Tones ist ferner direct proportional der Quadratwurzel der Grösse der Elasticität der elastischen Platte; — bei membranösen Zungen (wie auch bei Saiten) direct proportional der Quadratwurzel aus dem spannenden Gewichte (das für den Kehlkopf die Kraft der Spannmuskeln ist).

Spannung,

c) Bei membranösen Zungen wird durch stärkeres Anblasen nicht allein der Ton verstärkt, da die Schwingungsamplitude vergrössert wird, sondern es kann auch der Ton zugleich erhöht werden, weil nämlich durch die grössere Schwingungsamplitude die mittlere Spannung der elastischen Membran vergrössert wird (Joh. Müller).

Starkes Anblasen.

Weiterhin ist noch von physikalischen Einflüssen zu bemerken:

d) Das in seiner Form sehr variable Ansatzrohr wird bei der Intonirung im Kehlkopf mit angeblasen, es mischt seinen Eigenton dem Klange der elastischen Zungen bei und vermag auf diese Weise gewisse Partialtöne dieses letzteren zu verstärken (worüber namentlich bei der Vocalbildung das Genauere mitgetheilt wird). Von der Gestalt des Ansatzrohres hängt auch ganz wesentlich der individuelle charakteristische Stimmklang ab. [Bei Zungenpfeifen kann durch verschieden lange Ansatzröhren allerdings die Höhe der Töne beeinflusst werden (Wilh. Weber), doch kommt Derartiges beim Stimmorgan nicht in Betracht.]

Wirkung des Ansatzrohres.

e) Im Windrohre findet bei Intonirung der Zungen die stärkste Resonanz statt, da comprimirte Luft in demselben enthalten ist. Sie bedingt den am Brustkorbe mit dem aufgelegten Ohre wahrnehmbaren Fremitus pectoralis (vgl. pag. 231. 7). Bei starker Intonirung kommt es sogar zur Miterschütterung der Thoraxwand. Bei schwacher oder Fistelstimme ist der Pectoralfremitus sehr gering.

Wirkung des Windrohres.

f) Die Verengerung oder Erweiterung der Stimmritze ist auf die Höhe des Tones ohne Einfluss. Nur wird bei weiter Ritze ungleich mehr Luft durchstreichen müssen, was natürlich die Thoraxanstrengungen wesentlich erhöht.

Weite der Stimmritze.

315. Einrichtung des Kehlkopfes.

Indem hier die Anatomie des Kehlkopfes als bekannt vorausgesetzt wird, kann nur auf diejenigen Punkte eingegangen werden, die für das physiologische Verständniss ganz besonders wichtig sind.

Das Knorpelgerüst des Kehlkopfes. *Ringknorpel.* *Schildknorpel.*

I. Knorpel und Bänder des Kehlkopfes. Das Grundgerüst des Kehlkopfes bildet der siegelringförmige Ringknorpel, dessen schmaler Bogen nach vorn, dessen Platte nach hinten gerichtet ist. — Durch die Articulatio crico-thyreoidea inferior articulirt das Cornu inferius des Schildknorpels im hinteren seitlichen Bereiche mit dem Ringknorpel.

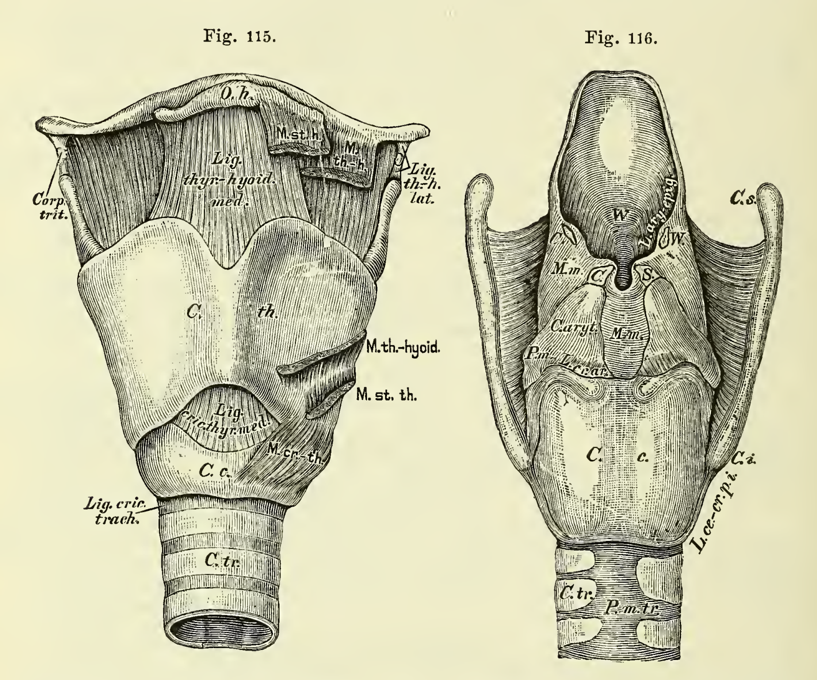


Fig. 115.

Ansicht des Kehlkopfes von vorne mit den Bändern und Muskelansätzen.
O. h. os hyoideum. *C. th.* Cartil. thyreoidea. *Corp. trit.* Corpus triticeum. *C. c.* Cartil. cricoidea. *C. tr.* Cartil. tracheales. *Lig. thyr.-hyoid. med.* Ligamentum thyreo-hyoideum medium. *Lig. th.-h. lat.* Ligamentum thyreo-hyoideum laterale. *Lig. cric.-thyr. med.* Ligament. cricothyreoideum medium. *Lig. cric.-trach.* Ligam. crico-tracheale. *M.st.-h.* Musc. sterno-hyoideus. *M. th.-hyoid.* Musc. thyreo-hyoideus. *M. st.-th.* Musc. sterno-thyreoideus. *M. cr.-th.* Musc. crico-thyreoideus.

Fig. 116.

Kehlkopf von hinten nach Entfernung der Muskeln.
E. Epiglottis mit dem Wulste (W). *L. ar.-ep.* Ligam. ary-epiglotticum. *M. m.* Membrana mucosa. *C. W.* Cartil. Wrisbergii. *C. S.* Cartil. Santorinii. *C. aryt.* Cartil. arytaenoidea. *C. c.* Cartil. cricoidea. *P. m.* Processus muscularis d. Cart. arytaen. *L. cr. ar.* Ligam. crico-arytaen. *C. s.* cornu superius. *C. i.* Cornu inferius d. Cart. thyreoidea. *L. ce. cr. p. i.* Ligam. keratocricoideum. post. inf. *C. tr.* Cartil. tracheales. *P. m. tr.* Pars membranacea tracheae.

Dieses Gelenk gestattet ganz vornehmlich dem Schildknorpel eine Bewegung der Art, dass er sich mit seiner Platte vornüber neigt. Die Neigung geschieht als Drehbewegung um die die beiden Gelenke verbindende horizontale Axe, wobei natürlich der obere Rand des Schildknorpels nach vorn und unten tritt. Die Gelenke gestatten aber ausserdem noch eine geringe Verschiebung des Schildknorpels an dem Ringknorpel nach auf-

und ab-, vor- und rückwärts (Harless, Henle). — Die dreiseitig pyramidalen Arytaenoidknorpel articuliren auf dem oberen Rande der Ringknorpelplatte seitlich von der Mittellinie in einem annähernd sattelförmigen, mit ovalen Gelenkflächen ausgestatteten Gelenke. Die Gelenkflächen gestatten den Giesskannen eine doppelte Bewegung: zunächst eine Rotation auf ihrer Basis um ihre verticale Längsaxe, wodurch entweder der nach vorn gerichtete Processus vocalis nach aussen, der nach aussen gerichtete, den Rand des Ringknorpels nach hinten überragende Processus muscularis jedoch nach hinten und innen rotirt wird, — oder umgekehrt. — Ausserdem vermögen die Giesskannenknorpel auf ihrer Basis etwas nach innen oder nach aussen sich zu verschieben.

Giesskannenknorpel.

Die wahren Stimmbänder (Chordae vocales s. Ligg. thyreo-arytaenoidea inff.), aus reichen elastischen Fasern zusammengesetzt, entspringen etwa in der Mitte der Höhe des inneren Winkels des Schildknorpels dicht nebeneinander, und setzen sich je an den nach vorn gerichteten Processus vocalis der Giesskannen an. Die Morgagni'schen Taschen, welche ihren Schwingungen freien Spielraum gestatten, trennen sie von den oberen falschen, aus Schleimhautfalten bestehenden Bändern, die nicht zur Phonation benutzt werden.

Die ächten Stimmbänder.

Den Functionen entsprechend, welche die Kehlkopfsknorpel zum Stimmwerke haben, hat C. Ludwig den Ringknorpel mit der Bezeichnung Grund-Knorpel, den Schild- mit der des Spann-, und die Giesskannen- mit der der Stell-Knorpel beliehen.

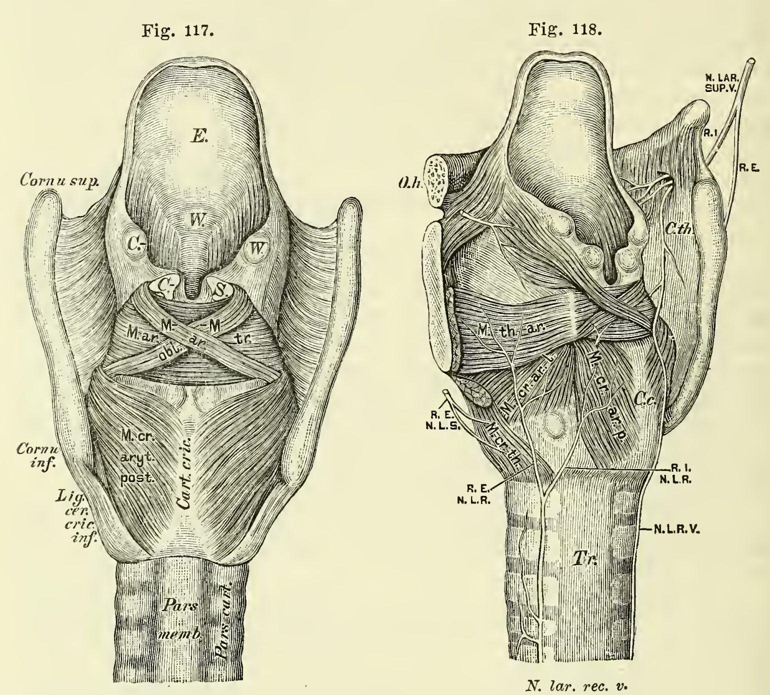
Ueber die Lage und Anordnung der Kehlkopfsmuskeln geben die nachstehenden Abbildungen mit beigefügter Erklärung Aufschluss. In der einen Figur ist überdies die Verbreitung der Nerven dargestellt. Auf die anatomischen Einzelheiten kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden; es beschäftigt uns hier vielmehr lediglich die

II. Wirkung der Kehlkopfsmuskeln. Den Kehlkopfsmuskeln kommt eine doppelte Aufgabe zu: — 1. eine, welche der Respiration dient, und darin besteht, dass bei tiefem Athemholen die Stimmritze bedeutend erweitert werde, und umgekehrt, dass das Athmungsorgan durch festen Verschluss der Glottis vor dem Eindringen fremdartiger Körper gesichert sei. Letzterer Verschluss findet auch vor dem Husten statt, wenn Schleim oder eingedrungene Fremdkörper durch einen explosiven Exspirationsstoss aus den Luftwegen entfernt werden sollen (vgl. pag. 233, 1). — 2. In gewissen Grenzen unabhängig von dieser respiratorischen Function liegt den Muskeln des Larynx ob, die für die Phonation nothwendige Stellung und Spannung der wahren Stimmbänder zu bewirken. — Im Einzelnen ist die Wirkung der Kehlkopfsmuskeln folgende:

1. Die Erweiterung der Glottis bewirken die Mm. crico-arytaenoidei postici: indem dieselben die

Erweiterung der Stimmritze.

beiden Processus musculares der Giesskannen nach hinten und unten medianwärts ziehen, gehen dem entsprechend die Processus vocales auseinander und aufwärts. Es entsteht auf diese Weise sowohl zwischen den Stimmbändern (Glottis vocalis), als auch



Kehlkopf von hinten mit den Muskeln.
E. Epiglottis mit dem Wulste (W). *C. W.* Cartil. Wrisbergii. *C. S.* Cartil. Santorinianae. *C. c.* Cartil. cricoidea. Cornu sup. — Cornu inf. Cartilaginis thyreoideae. *M-ar. tr.* Musculus arytaenoideus transversus. *Mm. ar. obl.* Musculi arytaenoidei obliqui. *M. cr.-aryt. post.* Musculus crico-arytaenoideus posticus. *Pars cart.* Pars cartilaginea — *Pars memb.* pars membranacea tracheae.

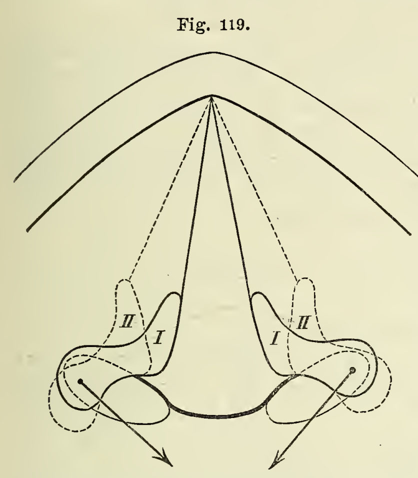
Die Nerven des Keklkopfes.
O. h. Os hyoideum. *C. th.* Cartil. thyreoidea. *C. c.* Cartil. cricoidea. *Tr.* Trachea. *M. th.-ar.* Musculus thyreo-arytaenoideus. *M. cr.-ar. p.* Musculus crico-arytaenoideus posticus. *M. cr.-ar. l.* Musculus crico-arytaen. lateralis. *M. cr.-th.* Musculus crico-thyreoideus. *N. lar. sup. v.* Nervus laryngeus superior nervi vagi, *R. i.* Ramus internus, *R. E.* Ramus externus desselben. *N. lar. rec. v.* Nervus laryngeus recurrens vagi. *R. I. N. L. R.* Ramus internus, — *R. E. N. L. R.* Ramus externus nervi laryngei recurrentis vagi.

zwischen den inneren Rändern der Giesskannen je ein grosser gleichschenklig dreieckiger Raum, die mit ihrer Basis zusammenstossen, wodurch die Eingangsöffnung eine grosse rautenförmige Gestalt annimmt.

Die nachstehende schematische Zeichnung erläutert die Wirkung der besagten Muskeln. Die von der vorderen Spitze der Giesskannen (I, I) nach vorn convergent verlaufenden, als ausgezogene Linien gezeichneten Stimmbänder weichen mit der erfolgten Drehung der Giesskannen (in II, II) so ausein-

ander, wie die punktirten Linien es zeigen. Die Erweiterung der Glottis respiratoria zwischen den Giesskannen selbst ist in gleicher Weise ersichtlich.

Fig. 119.

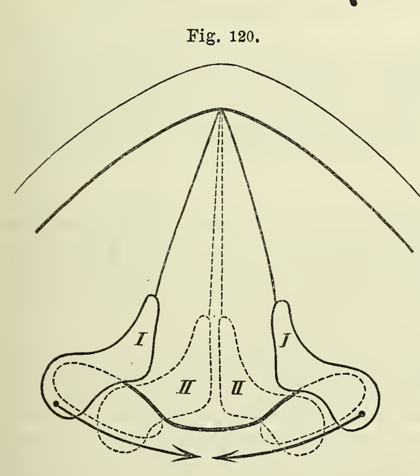


Schematischer Horizontalschnitt durch den Kehlkopf: *I I* Lage der horizontal durchschnittenen Giesskannen beim Athmen: von ihrer vorderen Spitze laufen convergent die Stimmbänder zum inneren Schildknorpelwinkel. Die Pfeile zeigen die Zugrichtung der Mm. crico-arytaenoidei postici an — *II II* Lage der Giesskannen in Folge der Muskelwirkung.

Verschluss des Kehlkopfs-Einganges.

2. Als Constrictor des Kehlkopfeinganges wirkt der M. arytaenoideus (transversus), der mit transversal verlaufenden Fasern die beiden äusseren Kanten der Giesskannen in ganzer Ausdehnung verbindet. Auf der hinteren Fläche dieses Muskels liegen die ihm ähnlich wirkenden gekreuzten Bündel des M. thyreo-aryepiglotticus (s. Mm. arytaenoidei obliqui). Die Wirkung dieses Muskels ist aus der nachstehenden schematischen Figur 120 zu ersehen, in welcher die Pfeile die Zugrichtung der beiden Muskeln ausdrücken.

Fig. 120.



Schematischer Horizontalschnitt durch den Kehlkopf zur Erläuterung der Wirkung des M. arytaenoideus *I I* Stellung der Giesskannen bei ruhigem Athmen. Die Pfeile zeigen die Zugrichtung des Muskels; — *II II* sind die durch die Muskelwirkung bedingten Stellungen der Giesskannen.

Aneinanderlegung der Stimmbänder.

3. Die unmittelbare Aneinanderlagerung der beiden Stimmbänder, welche allemal stattfindet bei der Phonation, wird dadurch bewirkt, dass die Processus vocales der Giesskannen sich dicht an einander legen. Hierzu müssen dieselben nach innen und unten gedreht werden. Dies geschieht durch eine Vor- und Aufwärtsbewegung der Processus musculares, welche die Musculi thyreo-arytaenoidei interni vollführen. Dieser dem elastischen Rande des Stimmbandes selbst anliegende und weiterhin in der Substanz desselben gebettete Muskel, dessen Fasern sich bis zu den äusseren Kanten der Giesskannen ausbreiten, dreht die letzteren so, dass

die Processus vocales nach innen rücken müssen. Die Glottis vocalis wird hierdurch spaltförmig verengt, während die Glottis respiratoria eine weite, dreieckige Oeffnung bleibt.

Aus der nachstehenden Figur 121 ist die Wirkung dieser Muskeln zu entnehmen. — Der Musc. crico-arytaenoideus lateralis setzt sich an den vorderen Rand der Gelenkfläche der Giesskanne; er kann daher dieselbe nur gerade nach vorn ziehen (Henle), doch vermuthen einige Forscher, dass auch er eine analoge Drehung der Giesskannen, wie der Thyreoarytaenoideus internus bedingen könne (?), nur dass sich die Processus vocales nicht so dicht aneinander legen.

Spannung der Stimmbänder.

4. Die Spannung der Stimmbänder erfolgt dadurch, dass ihre beiden Ansatzpunkte sich von einander durch Muskelzug entfernen. Zu diesem Behufe ziehen vornehmlich die Mm. crico-thyreoidei den Schildknorpel nach vorn und abwärts (wobei der Winkel desselben etwas auseinander gebogen wird), wovon man sich durch Betastung seines eigenen Kehlkopfes bei Angabe hoher Töne leicht überzeugen kann. Zugleich müssen aber die Mm. crico-arytaenoidei postici die Giesskannen etwas rückwärts ziehen und sodann fixirt halten.

Fig. 121.

Schematischer Horizontalschnitt durch den Kehlkopf zur Erläuterung der Glottis-verengenden Wirkung der Mm. thyreo-arytaenoidei interni. *II II* Stellung der Giesskannen beim ruhigen Athmen. — Die Pfeile zeigen die Richtung des Muskelzuges. *I I* Stellung der Giesskannen durch die erfolgte Wirkung.

Stellung und Spannung zur Phonation.

— Die so bewirkte Spannung ist aber allein zur Phonation keineswegs ausreichend. Denn einmal muss noch die zwischen den Giesskannen befindliche dreieckige Lücke der Glottis respiratoria, die bei der alleinigen Wirkung der Mm. crico-arytaenoidei postici entstehen würde (siehe 1), verschlossen werden, was durch den M. arytaenoideus posticus transversus und obliquus geschieht. Sodann müssen die Stimmbänder selbst, welche bei der Wirkung der Mm. crico-thyreoidei und crico-arytaenoidei postici noch einen concaven Rand behalten, so dass die Glottis vocalis noch als ein myrthenblattförmiger Spalt erscheint (Henle), noch völlig gerade gestreckt werden, so dass die Stimmritze einer linearen Spalte gleicht. Diese Ausgleichung des bogenförmigen Randes des Stimmbandes in einen geraden bewirkt der M. thyreo-

arytaenoideus internus. Dieser Muskel ist es überdies, welcher die zarten Abstufungen der Spannung im Stimmbande selbst, welche bei dem Wechsel wenig differenter Tonhöhen nothwendig ist, vollzieht. Da dieser Muskel weit gegen den Rand des Stimmbandes vordringt und in das elastische Gewebe desselben fest eingefügt ist, so ist er hierzu besonders geeignet. Da einzelne Fasern dieses Muskels im elastischen Gewebe des Stimmbandes selbst endigen, so können dieselben einzelnen Abschnitten des Stimmbandes eine erhöhte Spannung ertheilen, wodurch Modification in der Tonbildung möglich ist. Es muss somit angenommen werden, dass durch das Auseinanderrücken des Schildknorpels und der Giesskannen die gröberen Spannungsgrade, hingegen durch den M. thyreo-arytaenoideus internus die feineren Abstufungen dieser Spannung bewirkt werden. Der Nutzen des elastischen Gewebes in den Stimmbändern besteht nicht sowohl in seiner Dehnbarkeit, als in seiner Eigenschaft sich ohne Faltenbildung und Kräuselung zu verkürzen (Henle).

Abspannung der Stimmbänder.

5. Die Abspannung der Stimmbänder erfolgt von selbst, wenn die spannenden Kräfte nachlassen, da der vornüber gezogene Schildknorpel und die rückwärts fixirten Giesskannen durch die Elasticität, welche ihrer Anordnung eigen ist, in die Ruhelage zurückkehren. Bei der Wirkung der Mm. thyreo-arytaenoidei und der crico-arytaenoidei laterales kann ebenfalls eine Abspannung der Stimmbänder erfolgen.

Spannung der Stimmbänder und Verengerung der Glottis.

Aus dem Mitgetheilten ergibt sich, dass bei der Phonation Spannung der Stimmbänder und Verengerung der Glottis nothwendig ist.

Die Spannung bewirken also die Mm. crico-thyreoidei und crico-arytaenoidei postici; — die Verengerung der Glottis respiratoria, die Mm. arytaenoidei postici transversus und obliqui, — die der Glottis vocalis die Mm. thyreo-arytaenoidei interni (? und crico-arytaenoidei laterales), von denen erstere zugleich die innere Spannung der Bänder bedingen. — Der M. crico-thyreoideus wird vom N. laryngeus superior vagi versorgt (der auch die Kehlkopfsschleimhaut mit sensiblen Aesten versieht), alle übrigen Muskeln innervirt der N. laryngeus inferior (Vgl. Fig. 118).

Kehlkopfsnerven.

Schleimhaut des Kehlkopfs.

Die Schleimhaut des Kehlkopfes ist reich an zarten elastischen Fasernetzen, ebenso die Submucosa. Im Bereiche des Kehlkopfseinganges und an den Morgagni'schen Taschen ist die letztere locker und nachgiebig, woraus sich die oft kolossale Schwellung derselben beim sogenannten Glottisödem erklärt. Gegen das Epithel findet sich eine helle ebene Grenzschicht. Das Epithel ist ein geschichtetes cylindrisches Flimmerepithel mit zwischenliegenden Bechern, mit Ausnahme auf den wahren Stimmbändern (und der oberen Epiglottisfläche), wo ein geschichtetes Plattenepithel auf der hier papillentragenden Schleimhaut lagert. Traubenförmige Schleimdrüschen findet man an den Wrisberg'schen Knorpeln, dem Epiglottiswulst, in den Morgagni'schen Taschen gehäuft, an den anderen Stellen zudem vielfach zerstreut, zumal an der hinteren Kehlkopfswand.

Epithel. *Drüsen.*

Blut- und Lymphgefässe. Die Blutgefässe bilden vielfach unter der Glasschicht der Schleimhaut ein dichtes Capillarnetz; darunter liegen noch zwei Schichten von Gefässnetzen. — Die Lymphgefässe bilden ein oberflächliches engeres unter den Blutcapillaren liegendes Netz und ein tieferes gröberes. — *Nerven.* Die markhaltigen Nerven, welche Ganglien an ihren Aesten tragen, sind reich in der Schleimhaut; ihre Enden sind unbekannt. — *Knorpelgewebe.* Der Knorpel ist hyalin im Schild-, Ring- und fast im ganzen Giesskannenknorpel (mit Neigung zur Ossification); gegen die Spitze und den Processus vocalis hin ist die Giesskanne aus Faserknorpel gewebt; ebenso alle übrigen Kehlkopfsknorpel. — *Wachsthum.* Der Kehlkopf wächst bis gegen das sechste Jahr, ruht dann, um erst gegen die Pubertät sich rapider zu vergrössern.

316. Untersuchungen am Stimmorgane.

Die Laryngoskopie. — Untersuchung am ausgeschnittenen Kehlkopfe.

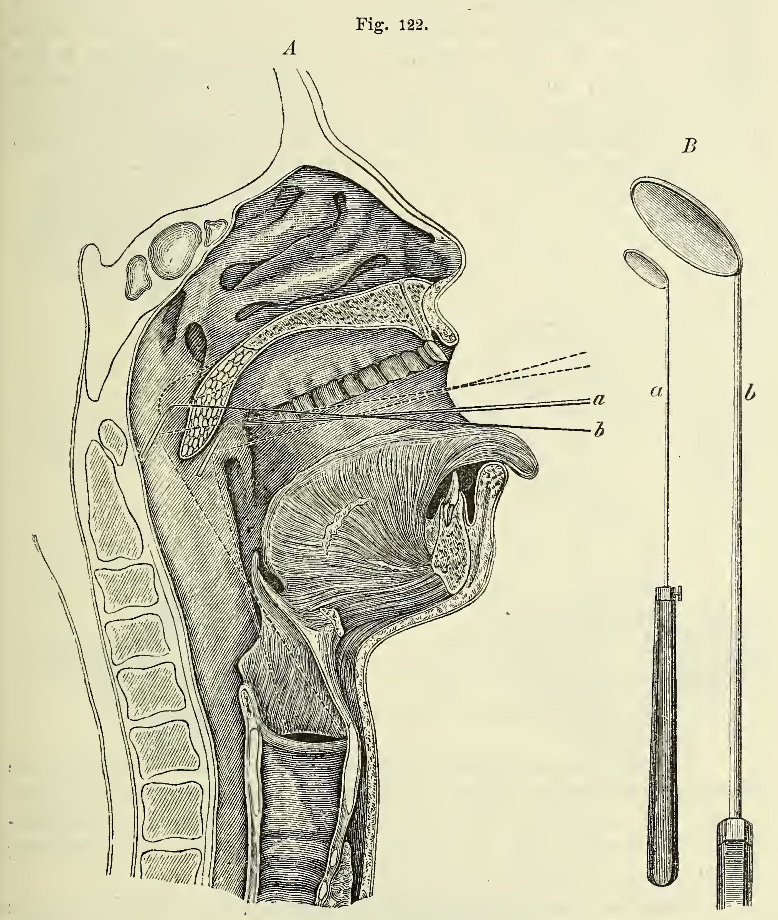
Geschichtliche Notiz. Nachdem von Bozzini (1807) die erste Anregung erfolgt war, die innern Hohlräume des Körpers mit Hilfe des Spiegels zu beleuchten und zu betrachten, und Babington (1829) die Glottis wirklich auf diese Weise gesehen hatte, stellte der Gesanglehrer Manuel Garcia (1854) mittelst des Kehlkopfsspiegels sowohl bei sich selbst, als auch bei Sängern Untersuchungen an über die Bewegungen der Stimmbänder bei der Respiration und Phonation. Die wesentlichsten Verdienste um die Handhabung des Kehlkopfsspiegels zu ärztlichen Zwecken erwarben sich (1857) Türck und Czermak, von denen letzterer zuerst Lampenlicht zur Beleuchtung anwandte. — Die Rhinoskopie wurde thatsächlich zuerst von Baumès (1838) gehandhabt, der mit dem Spiegel Geschwüre in der Nasenrachenhöhle beobachtete. Die planmässige Untersuchung dieses Gebietes rührt von Czermak her.

Der Kehlkopfsspiegel. Als Kehlkopfsspiegel bedient man sich kleiner unter einem Winkel von 125°—130° an einem längeren Stiele befestigter Spiegel (Fig. 122, B), welche bei weit geöffnetem Munde und etwas hervorgezogener Zunge so eingeführt werden, wie in Figur 122 A dargestellt ist. Je nach der Region des Larynx, welche sich in dem kleinen Speculum abspiegeln soll, muss die Stellung des letzteren verändert werden, wobei es mitunter einer Aufhebung des weichen Gaumens mittelst des Spiegels selbst bedarf, wie bei b erkennbar ist. Der Spiegel nimmt in der Richtung der punktirten Linien das Bild des Kehlkopfes auf und reflectirt dasselbe unter demselben Winkel durch den Mundcanal hindurch zu dem Auge des Beobachters, das in der Richtung des reflectirten Strahles Stellung genommen hat.

Beleuchtung des Larynx. Weiterhin ist für die Beleuchtung des Kehlkopfes Sorge zu tragen. Es geschieht dies dadurch, dass man entweder das Licht der Sonne oder einer künstlichen Lichtquelle [Lampe oder Hydrooxygengas (Drummond'sches Kalklicht), Magnesiumlicht, elektrisches *Beleuchtungsspiegel.* Licht] in einem Hohlspiegel von 15—20 Cmtr. Brennweite und 10 Cmtr. Durchmesser auffängt, und das concentrirte Strahlenbündel durch den Mund bis auf den im Rachen gehaltenen Kehlkopfspiegel fallen lässt. Letzterer reflectirt dasselbe unter gleichgrossem Winkel, unter welchem es einfiel, gegen den Kehlkopf, der somit hell erleuchtet

ist. Damit nun der Beobachter in derselben Richtung der beleuchtenden Lichtstrahlen den Blick zu richten vermag, kann zweckmässig der Hohlspiegel eine centrale Durchbohrung haben, durch welche hindurch

Fig. 122.



A. Verticaler Durchschnitt durch Kopf und Hals bis zum 1. Brustwirbel. *a*) zeigt die Haltung des Kehlkopfsspiegels, wenn wir die hintere Partie der Stimmritze, die Aryknorpel, die obere Fläche der hinteren Kehlkopfwand u. s. w. sehen; *b*) die Haltung des Kehlkopfsspiegels, wenn wir den vorderen Winkel der Stimmritze zu Gesichte bekommen wollen.

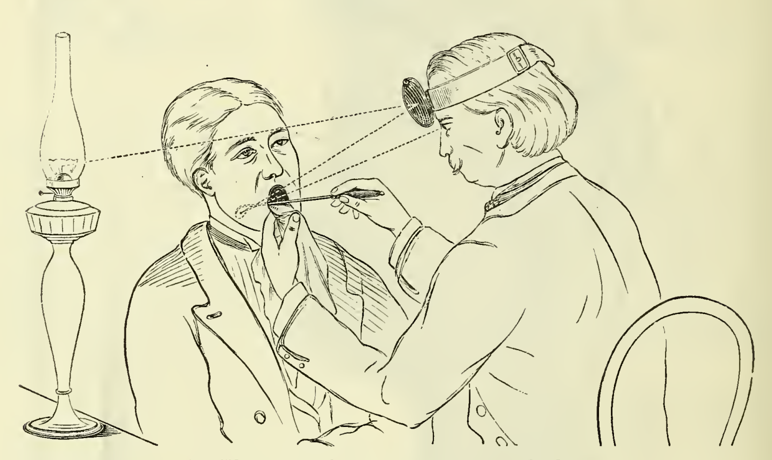
B. Grösserer und kleinerer Kehlkopfs-Spiegel.

[Die auf die laryngoskopische und rhinoskopische Untersuchung bezüglichen Abbildungen sind den in der „Wiener Klinik“ publicirten Vorlesungen Schnitzler's entnommen.]

der Beobachter sieht. Bei gleichzeitiger grösserer Bequemlichkeit genügt es aber auch, den Hohlspiegel oberhalb des Auges mit einem Stirnband befestigt zu tragen, so dass der Beobachter unter dem Rande des Spiegels hindurch den Blick auf den beleuchteten Kehlkopfsspiegel richtet.

Ausführung der Untersuchung. Die Ausführung der Untersuchung gestaltet sich somit einfach. Der Beobachter sitzt dem zu Untersuchunden gegenüber, aus dessen weit geöffnetetem Munde er die Zunge etwas hervor- und niederzieht. Der Hohlspiegel vor der Stirn des Beobachters wirft die von der Lampe auf denselben fallenden Lichtstrahlen in gesammeltem Bündel auf den Kehlkopfsspiegel. Letzterer reflectirt das Licht in den Kehlkopf selbst, so dass dieser hell erleuchtet ist. Zugleich richtet der Beobachter (dessen Auge etwa 12—16 Cmtr. vom Munde des zu Untersuchenden entfernt ist) seinen Blick gegen den Kehlkopfsspiegel, in welchem er das Bild des beleuchteten Larynx erblickt.

Fig. 123.



Ausführung der laryngoskopischen Beobachtung.

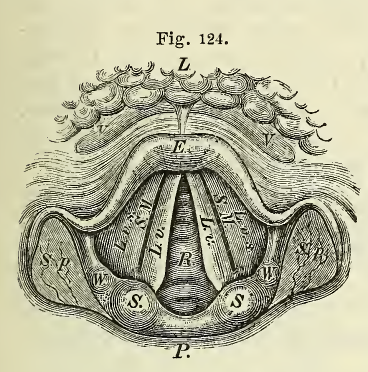
Vermag der zu Untersuchende selbstständig den Mund und die Zunge zweckmässig zu halten, so kann der Beobachter den Kehlkopfsspiegel mit der linken Hand führen und mit der rechten bei beabsichtigten Operationen das etwa zur Verwendung kommende Werkzeug in den Larynx einführen.

Das laryngoskopische Bild. Das sich dem Blicke darbietende Bild des Kehlkopfes lässt bei genauerer Betrachtung zahlreiche Einzelheiten des Kehlkopfes erkennen (Siehe Fig. 124).

Man sieht zunächst von oben nach unten: L die Zungenwurzel, von deren Mitte das Ligamentum glotto-epiglotticum niederzieht; zu den Seiten des letzteren findet man (V V) die sogenannten Valeculae. Die Epiglottis (E) erscheint als ein oberlippenförmiger Bogen; darunter sieht man die (beim ruhigen Athmen) lancettförmige Glottis (R), und zu deren Seiten je das helle echte Stimmband, (L, v). Das Stimmband ist bei Kindern 6—8 Mm. lang, — bei Weibern erschlafft 10—15 Mm. lang, gespannt 15—20 Mm. Das der

Männer misst beziehungsweise 15—20 Mm. und 20—25 Mm. Die Breite der Stimmbänder variirt zwischen 2—5 Mm. (Schnitzler). Nach aussen vom Stimmbande markirt sich der Eingang zum Sinus Morgagnii (S, M) als dunkler Streifen; noch weiter auswärts und höher liegend schaut man (L, v, s) die oberen oder falschen Stimmbänder. An der unteren lippenförmigen Begrenzung des Kehlkopfeinganges unterscheidet man in der Mitte den hinteren unteren Einschnitt des Ostium pharyngeum laryngis (über P), zu dessen beiden Seiten (S, S) die Spitzen der Cartilagines Santorinianae (auf den Spitzen der Giesskannen sitzend) sichtbar sind, während unmittelbar dahinter (P) die anstossende Pharynxwand sich

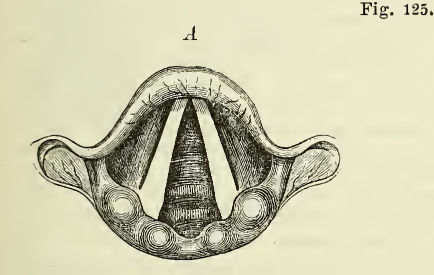
Fig. 124.



Das laryngoskopische Bild.

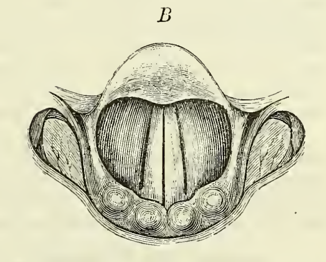
Fig. 125.

A



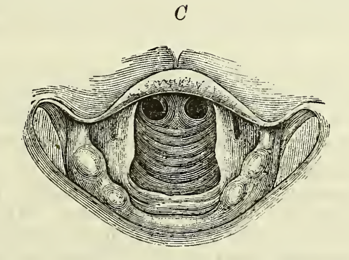
Das Kehlkopfsbild beim Athmen.

B



Das Kehlkopfsbild beim Anlauten.

C



Einblick in die Trachea bis zur Bifurcation.

zeigt. Im Ligamentum ary-epiglotticum tritt (W, W) die Cartilago Wrisbergiana hervor, und endlich erkennt man nach aussen davon die Vertiefungen (S, p) der Sinus piriformes.

Form der Stimmritze bei der Respiration und Phonation.

Besondere Beachtung verdient der Zustand der Stimmritze und der Stimmbänder bei der Athmung und Phonation. Bei ruhigem Athmen erscheint die Glottis (Fig. 125, A) als ein lancettförmiger Raum zwischen den hellen gelblichen Stimmbändern. Wird sehr tief geathmet, so erweitert sich die Glottis sehr erheblich (C), und es gelingt, bei günstiger Stellung des Spiegels, die Trachearinge und selbst die Bifurcation zu sehen. Wird jedoch die Stimme erzeugt, so schliesst sich jedesmal (B) die Stimmritze bis auf eine sehr enge Spalte.

Eine wichtige Bereicherung erhielt die Laryngoskopie durch Oertel, welcher durch schnell erfolgende intermittirende Beleuchtung (durch eine stroboskopische Scheibe) die Bewegungen der Stimmbänder direct mit dem Auge verfolgen lehrte. So sah er zuerst bestimmt, dass bei der Bruststimme das Stimmband der ganzen Länge und der ganzen Breite nach in Vibrationen versetzt wird.

Laryngoskopie von Unten.

Besondere abweichende Untersuchungsmethoden zur Laryngoskopie sind noch die Untersuchung des Kehlkopfes von Unten durch eine nach der künstlichen Eröffnung der Luftwege eingeführte Canüle nach Neudörfer (1858); ferner die von Czermak vorgenommene

Durchleuchtung des Larynx und der Trachea.

Durchleuchtung des Kehlkopfes und der Luftröhre. Lässt man im Dunkelraume auf die Gegend des Kehlkopfes oder der Luftröhre eines (am besten recht mageren, zarten) Menschen concentrirtes Sonnenlicht fallen, so erkennt man in dem (ebenfalls im dunklen Rachenraume) eingeführten Kehlkopfsspiegel das Innere des Kehlkopfes und der Luftröhre von einem gluthrothen Lichtscheine erhellt, ähnlich wie die Ränder der aneinander gepressten Finger, wenn man die Hand gegen die Sonne hält (Schnitzler). Einzelheiten sind jedoch schwerlich zu erkennen, nur kann man Aufschlüsse über etwaige Auflagerungen oder Verdickungen der Wandungen der untersuchten Theile erzielen.

Autolaryngoskopie.

Die Autolaryngoskopie wurde zuerst von Garcia, dann besonders zum Studium über die Bewegungen des Kehlkopfes von Czermak geübt. Führt man den beleuchteten Kehlkopfsspiegel sich selbst in den Rachen ein, während man dem Munde gegenüber einen Planspiegel fixirt, so sieht man leicht das Bild seines eigenen Kehlkopfes in dem letzteren.

Die Rhinoskopie.

Anhang: Die Rhinoskopie. Da die Nasenhöhle sowohl unter normalen, als auch unter pathologischen Verhältnissen in wichtigen Beziehungen zur Sprache steht, so ist es gewiss gerechtfertigt, hier in Kürze der zuerst von Bozzini geübten, von Czermak ausgebildeten und benannten Rhinoskopie zu gedenken.

Bei Einführung kleiner winkelig gebogener (100°—110°) Spiegelchen in den Rachenraum (wie Fig. 126 es zeigt), wobei die spiegelnde Fläche nach Oben gerichtet ist, gelingt es, (nicht ohne Schwierigkeiten) allmälich ein Feld zu übersehen, wie es in Fig. 127 bildlich wiedergegeben ist.

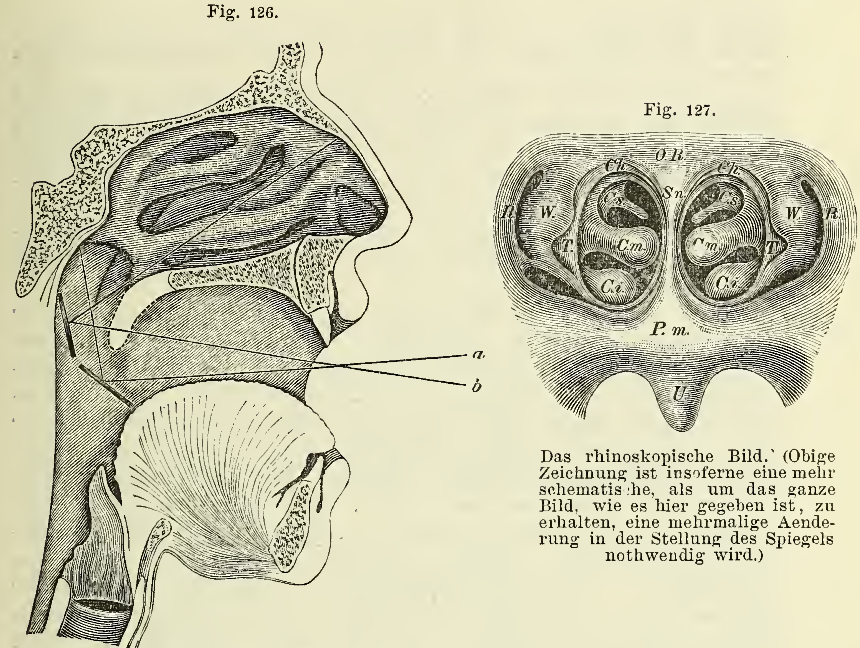
Das rhinoskopische Bild.

In der Mitte erscheint das Septum narium (S n), zu dessen Seiten die länglich ovalen grossen Choanen (Ch) sichtbar sind, darunter der weiche Gaumen (P. m.) mit dem niederhängenden Zäpfchen (U). In dem Rahmen der Choanenöffnung vermag man die hinteren Umgebungen der unteren (C i), mittleren (C m) und oberen (C s) Muschel zu erkennen, sowie unter einer jeden den entsprechenden Nasengang. Am undeutlichsten ist die obere Muschel und der untere Nasengang. Ganz oben übersieht man noch einen Streifen des Schlunddaches (O R) mit der mehr oder weniger entwickelten (aus adenoidem Gewebe bestehenden), über das Dach des Pharynx sich zwischen den beiden Tubenmündungen (T T) bogenförmig hinziehenden Pharynxtonsille (Luschka). Nach aussen von der Mündung der Eustachi'schen

Röhre (T T) erscheint noch der sogenannte Tubenwulst (W), und noch mehr nach aussen die Rosenmüller'sche Grube (R) (Schnitzler).

Fig. 126.

Fig. 127.



Lage des Kehlkopfsspiegels bei der Rhinoskopie.

Das rhinoskopische Bild. (Obige Zeichnung ist insoferne eine mehr schematische, als um das ganze Bild, wie es hier gegeben ist, zu erhalten, eine mehrmalige Aenderung in der Stellung des Spiegels nothwendig wird.)

Directe Untersuchungen an todten

Ausser der laryngoskopischen Untersuchung ist für die Erforschung des Stimmorganes die Experimentation am ausgeschnittenen Kehlkopfe von grosser Wichtigkeit, wie sie Ferrein (1741), vor allen aber Joh. Müller, sowie Harless, Rinne, Merkel u. A. ausführten. Joh. Müller leitete die Luft in einen ausgeschnittenen menschlichen Kehlkopf durch ein eingebundenes Trachealrohr, dessen Windspannung ein communicirendes Hg-Manometer mass. Die Basen der Giesskannen hielt eine angelegte Naht gegen einander fixirt, während eine Schnur (die über eine Rolle laufend Gewichte trug) den Schildknorpel nach vorn zog. Durch vermehrte Spannung konnte er die Töne um $2^1/_2$ Octaven erhöhen. Stärkeres Anblasen (bei sonst gleicher Spannung) erhöhte bis zur Quinte. Ueber den Kehlkopf in der Verlängerung angebrachte Röhren vertieften nicht den Ton, doch modificirten sie das Timbre und verstärkten den Ton durch Resonanz.

und an lebenden Kehlköpfen.

Ich verwende die lebend frisch ausgeschnittenen Kehlköpfe von Hunden und Schafen, bei denen die Muskeln durch verschiedene Elektrodenpaare gereizt werden, während ein Blasetisch durch ein Trachealrohr den Wind liefert. Auf diese Weise erlangt man die sichersten Aufschlüsse über die Wirkung der einzelnen Muskeln.

Obwohl im Ganzen die Mechanismen des Stimmwerkes einfach zu sein scheinen, so sind doch bei näherer Betrachtung viele Punkte einer genaueren Analyse dringend bedürftig.

317. Einflüsse auf die Klänge des Stimmwerkzeuges.

Nach Feststellung der physikalischen Bedingungen und Erklärung der mechanischen Einrichtungen des Kehlkopfes ergeben sich leicht die folgenden Einflüsse auf die Klänge des Stimmorganes. Die Höhe des Stimmtones hängt ab:

Spannung der Bänder.

1. Von der Spannung der Stimmbänder, also von dem Grade der Contraction der Crico-thyreoidei und Crico-arytaenoidei postici unter Beihilfe der Thyreo-arytaenoidei interni (s. oben).

Länge der Bänder.

2. Von der Länge der Stimmbänder. In dieser Beziehung werden — a) Kinder und Weiber mit kürzeren Stimmbändern höhere Töne erzeugen. — b) Werden die Giesskannen durch Wirkung der Mm. arytaenoidei postici transversus und obliqui straff gegen einander gepresst, so dass nur die Stimmbänder selbst schwingen können, nicht jedoch die intercartilaginösen Theile zwischen den Processus vocales (Garcia), so ist der Ton erhöht. Beim Angeben tiefer Töne müssen die Stimmbänder nebst den Rändern der Giesskannenknorpel schwingen. Hierbei erweitert sich zugleich der Raum oberhalb des Kehlkopfsausganges, so dass die Kehle mehr hervortritt. — c) Jedes Individuum hat eine gewisse mittlere Höhe des Stimmklanges, welche einer möglichst geringen Muskelspannung im Innern des Kehlkopfes entspricht.

3. Von der Stärke des Anblasens. Dass die Stärke des Anblasens auch im menschlichen Kehlkopfe den Ton zu erhöhen vermag, geht daraus hervor, dass die Ansprache höchster Töne nur beim Forte gelingen will. Bei mittleren Tönen beträgt die Windspannung in der Luftröhre 160 Mm., bei hohen 200 Mm., bei sehr starken 945 Mm. Wassersäule (Cagniard-Latour).

Nebenerscheinungen bei Angabe hoher Töne.

Als Nebenerscheinungen bei Angabe höherer Töne hat man noch folgende Einzelheiten beobachtet, ohne dass es bis dahin gelungen wäre, eine passende Interpretation hierfür zu geben: a) Mit steigender Tonhöhe steigt der Kehlkopf höher empor, theils weil die ihn erhebenden Muskeln in Wirksamkeit treten, theils weil der gesteigerte intratracheale Druck die Luftröhre so verlängert, dass der Larynx nach oben hin gehoben wird. — b) Es nähern sich mehr und mehr die oberen Stimmbänder gegen einander, ohne jedoch sich einander zu berühren, oder in Mitschwingung zu gerathen. — c) Der Kehldeckel neigt sich mehr und mehr über die Stimmritze abwärts. — Zur Erklärung von c und b bedenke man, dass bei Angabe sehr hoher Töne alle auf die Verkürzung des schwingenden Abschnittes des Glottisrandes und Verengerung der Glottis wirkenden Muskeln thätig sind. Hierbei wird der Rand des M. thyreo-arytaenoideus (externus, Henle) das obere Stimmband nach innen drängen, während den Kehldeckel diejenigen Fasern abwärts ziehen, welche vom M. thyreo-arytaenoideus gegen die Epiglottis seitlich aufwärts ziehen: M. thyreo-aryepiglotticus (Henle).

4. Besondere Beachtung verdient noch die Falset- oder Fistelstimme mit ihrem weichen Timbre und der fehlenden Resonanz im Windrohre (Pectoralfremitus). Die Beobachtung zeigt, dass die Stimmritze bei Angabe derselben weiter ist, als bei gleichem Brusttone, — ferner dass die Bänder entschieden weniger gespannt sind (wofür das eigene Gefühl der geringeren Muskelcontraction im Kehlkopfe spricht), — dass das Anblasen entschieden um vieles schwächer ist, — endlich dass die den Kehlkopf hebenden Muskeln in ihrer Contraction erschlaffen.

Fistelstimme.

Wohl mit Recht wird vermuthet, dass der Fistelstimme ein abweichender Schwingungsmodus der Stimmbänder zu Grunde liege. So behauptete Joh. Müller, dass bei ihr nur die freien Ränder, nicht aber die ganzen Massen der Stimmbänder schwingen, was nach Mandl dadurch bedingt sein soll, dass die oberen Stimmbänder sich zum Theil auf die unteren legen. Nach den Beobachtungen von Garcia sollen jedoch gerade im Gegentheil die Stimmbänder in grösserer Breite vibriren, als bei der Bruststimme. — Von vornherein wird es als das wahrscheinlichste gelten müssen, dass bei der Fistelstimme in den Stimmbändern Knotenpunkte erzeugt werden (einigermassen ähnlich wie bei Angabe der Flageolettöne auf Saiteninstrumenten).

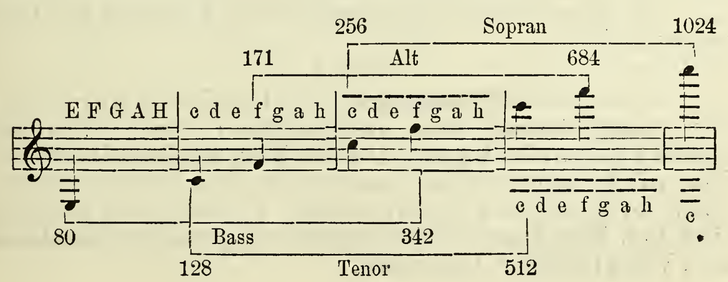
Die Untersuchungen von Oertel haben gelehrt, dass bei der Falsetstimme die Stimmbänder in der That so schwingen, dass der Breite nach Knotenlinien entstehen: entweder nur eine, so dass der freie Rand des Stimmbandes und der basale Rand schwingen, und durch eine Knotenlinie (parallel dem Stimmbande) von einander getrennt sind. Bei hohen Fisteltönen können sogar drei solcher Knotenlinien neben einander entstehen.

Zur Bildung der Knotenlinien muss wohl eine partielle Contraction von Fasern des M. thyreo-arytaenoideus internus Veranlassung geben.

318. Umfang der Stimme.

Der Umfang der menschlichen Stimme gibt sich für die Brusttöne aus folgendem Schema zu erkennen:

Die Stimmlagen.



Der Uebersichtlichkeit wegen sind absichtlich alle Noten im Violinschlüssel geschrieben; die übergeschriebenen Zahlen zeigen die Schwingungszahl des betreffenden Tones in 1 Secunde an. Man sieht leicht, dass $\bar{c}$ bis $\bar{f}$ allen Stimmlagen gemein sind; dennoch klingen sie in verschiedenem Timbre.

Der tiefste Ton, der ausnahmsweise vom Bassisten gesungen wurde, ist das Contra-F mit nur 42 Schwingungen; — der höchste der Sopranstimme war a''' mit 1708 Vibrationen.

Das Stimm-Timbre.

Jedes Individuum hat sein charakteristisches Stimm-Timbre, welches abhängt von der Configuration aller zum Stimmorgan gehörigen Hohlräume. — Die sogenannten Gaumentöne entstehen durch Annäherung des weichen Gaumens an die hintere Pharynxwand (Liscovius). — Bei den Nasentönen schwingt die Luft der Nasenhöhle, deren Zugang freier sein muss, stärker mit.

319. Die Sprache.

Inbegriff.

Die die Sprache umfassenden Bewegungsvorgänge vollziehen sich im Ansatzrohre (Rachen-, Mund- und Nasenhöhle); sie sind auf die Erzeugung von Klängen und Geräuschen gerichtet. Entstehen die letzteren für sich allein (während das Stimmwerk ruht), so wird die „Flüstersprache" gebildet (Vox clandestina); schwingen jedoch gleichzeitig die Stimmbänder mit, so wird die laute Sprache vernehmbar.

Laute und Flüster-Sprache.

Die Flüstersprache kann selbst in bedeutender Stärke angegeben werden; alsdann erfordert dieselbe jedoch sehr starkes Anblasen, weshalb sie so sehr ermüdet. Sie kann sowohl bei der In- als Exspiration ausgeführt werden, im Gegensatz zur lauten Sprache, welche inspiratorisch nur vorübergehend und undeutlich gelingt. Die Flüstersprache wird durch das Geräusch erzeugt, welches bei mässig verengter Stimmritze die durchstreichende Luft dadurch bewirkt, dass dieselbe an der stumpfen Kante des Bandes vorüberstreicht. Beim Angeben der lauten Stimme werden jedoch durch Stellung der Processus vocales die scharfen Ränder der Stimmbänder dem Luftstrome zugewendet.

Die Sprache setzt sich zusammen aus Vocalen und Consonanten.

Vocale.

Wesen des Vocales.

A. Bei der **Flüstersprache** ist der Vocal der Klang der (exspiratorisch oder inspiratorisch) angeblasenen charakteristisch gestalteten Mundhöhle (Donders), dem nicht allein eine bestimmte Tonhöhe, sondern auch ein charakteristisches Timbre eigenthümlich ist. Man kann die charakteristisch gestaltete Mundhöhle als „Vocalhöhle" bezeichnen.

Untersuchung über den Eigenton der Vocalhöhlen.

I. Die Tonhöhe der Vocale kann man musikalisch bestimmen, indem man entweder aufmerksam auf den eigenen Flüstervocal achtet, oder bei Anderen mit einem passenden Windrohre von der Mundöffnung aus den Hohlraum des Mundes bei der intendirten Vocalstellung anbläst. Merkwürdiger Weise ist bei verschiedenem Alter und Geschlecht der Eigenton der „Vocalhöhle" nahezu constant. Die verschiedene innere Geräumigkeit des Mundes kann durch verschiedene Grösse der Mundöffnung compensirt werden. — Man kann auch sehr zweckmässig die Tonhöhe der Vocalhöhle so bestimmen, dass man vor der Mundöffnung der Reihe nach verschieden hohe, schwingende Stimmgabeln hält. Trifft man diejenige, welche mit dem Eigenton der Vocalhöhle übereinstimmt, so wird der Stimmgabelton durch Resonanz aus der Mundhöhle bedeutend verstärkt (Helmholtz). Endlich kann man auch die Schwingungen des Vocaltones auf eine in gleicher Schwingungszahl mitschwingende Membran (die vor die Mundhöhle gehalten wird) übertragen, und die Schwingungen der Membran auf ein berusstes Papier zeichnen lassen: „Phonautograph" von Donders. König liess diese Schwingungen auf die empfindliche Flamme wirken, dessen Bild er mit schnell rotirendem Spiegel analysirte.

Die Eigentöne der Vocalhöhlen sind nach König für:

U	O	A	E	I
b	b′	b″	b‴	b⁗

Gibt man in dieser Reihe flüsternd die Vocale an, so hört man sofort, dass ihre Tonhöhe steigt. Die mitgetheilten Eigentöne der Mundhöhle bei den Vocalstellungen können übrigens innerhalb einer gewissen Breite schwanken; man kann daher eigentlich besser von einer Region der charakteristischen Tonlage sprechen. Man überzeugt sich hiervon am besten, wenn man den Mund charakteristisch stellt, und nun die Wangen percuttirt; es erklingt alsdann der Vocal und zwar je nach der Mundstellung innerhalb einer gewissen Breite der Tonhöhe.

Die Gestalt der einzelnen Vocalhöhlen ist nun die folgende (Siehe Fig. 128):

Vocalhöhle bei A.

Bei A hat die Mundhöhle die Gestalt eines nach vorn sich erweiternden geräumigen Trichters. Die Zunge liegt am Boden der Mundhöhle, die Lippen sind weit geöffnet. Das Gaumensegel ist mässig gehoben (es wird bei E O U I successiv stets mehr gehoben) (Czermak). Das Zungenbein steht bei A wie in der Ruhe, der Kehlkopf aber ist etwas gehoben (er steht höher als bei U, aber tiefer als bei I).

Geht man von A in I über, so behalten Kehlkopf und Zungenbein ihre gegenseitige Lage, aber beide steigen empor. Geht man von A in U über, so senkt sich der Larynx so viel er kann. Dabei geht das Zungenbein etwas nach vorne (Brücke). Bei A ist der Raum zwischen Kehlkopf, hinterer Rachenwand, Gaumensegel und Zungenwurzel nur mässig weit, er wird weiter bei E und namentlich bei I (Purkiňe); bei U ist jedoch dieser Raum am engsten.

Vocalhöhle bei U.

Bei U ist die Gestalt der Mundhöhle die einer geräumigen Flasche mit kurzem engen Halse. Das gesammte Ansatzrohr ist hier am längsten. Dem entsprechend sind die Lippen möglichst weit vorgespitzt, in Falten gelegt und bis auf eine kleine Oeffnung geschlossen. Der Larynx steht am tiefsten. Die Zungenwurzel ist den hinteren Gaumenbögen genähert (Brücke).

Vocalhöhle bei O.

Bei O gleicht die Höhle ebenfalls wie bei U einer weitbauchigen Flasche mit kurzem Halse. Doch ist letzterer, indem die Lippen dichter an die Zähne herantreten, kürzer und zugleich weiter geöffnet. Der Kehlkopf steht etwas höher als bei U. Das ganze Ansatzrohr ist also kürzer als bei U.

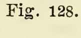
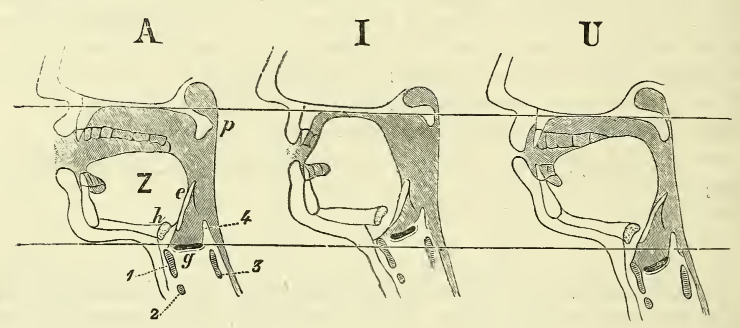


Fig. 128.



Sagittalschnitt durch das menschliche Stimmorgan bei der Vocalstellung *A*, *I* und *U*. — *Z* Zunge; — *p* weicher Gaumen; — *e* Kehldeckel; — *g* Stimmritze; — *h* Zungenbein. — 1 Schildknorpel; — 2 . 3 Ringknorpel; — 4 Giesskanne.

Vocalhöhle bei I.

Bei I hat die Mundhöhle die Gestalt einer im hinteren Theile kleinbauchigen Flasche mit langem engen Halse, (von welcher der Bauch den Eigenton f, der Hals den von d'''' haben soll (Helmholtz). Das Ansatzrohr ist bei I am kürzesten, da der Kehlkopf möglichst gehoben, und die Mundhöhle durch Zurückziehen der Lippen vorn bereits durch die Zähne begrenzt wird. Zwischen hartem Gaumen und Zungenrücken ist der Mundcanal äusserst verengt bis auf eine mediale enge Rinne. Daher kann die Luft nur unter hell säuselnd-pfeifendem Geräusch hindurchtreten, wodurch selbst das Schädeldach in fühlbare Vibrationen versetzt wird. Sowohl tiefe Stellung des Larynx wie bei U, als auch Vorspitzen der Lippen wie bei U macht I unmöglich.

Vocalhöhle bei E.

Bei E, welches dem I zunächst steht, ist die Höhle ebenfalls einer Flasche mit kleinem Bauche (Eigenton f') und mit langem engen Halse (Eigenton b''') ähnlich (Helmholtz). Allein dieser Hals ist weiter, so dass es nicht zum säuselndpfeifenden Geräusch beim Anlauten kommt. Der Kehlkopf

steht etwas niedriger bei E als bei I, doch noch höher als bei A.

Im Grunde genommen hat Brücke Recht, wenn er nur drei Grundvocale annimmt: I, A, U, zwischen denen sich die anderen, sowie die sogenannten Umlaute einschieben.

I, A, U als Grundvocale.

So würden sich zwischen I und A etwa folgende Nuancen finden, wie in den Worten: Sichel (reines I), Siege, Segen, Sehr, Sägen, Sagen (reines A). — Zwischen A und U: Acker (reines A), Wahl, encore, Schuppe, Uhr (tiefes reines U). — Endlich finden zwischen U und I folgende Uebergänge: Muth (reines U), müder, Myrthe, Wipfel (reines I).

Die Diphthonge.

Die Diphthonge entstehen so, dass man während des Anlautens aus der Stellung für den einen Vocal in die für den andern übergeht. Deutliche Diphthonge entstehen nur, wenn man von einem Vocal mit weiterer Mundöffnung in einen solchen mit engerer übergeht, — bei umgekehrter Anlautung erscheinen für unser Ohr die Vocale getrennt (Brücke).

Klangfarbe der Vocale.

II. Ausser der Tonhöhe ist noch ganz besonders das charakteristische Timbre (Klangfarbe) des Vocales zu beachten. In dieser Beziehung kann man die für die Aussprache eines Vocales charakteristisch geformte Mundhöhle mit einem musikalischen Werkzeuge vergleichen, welches seinen Klang nicht allein in einer gewissen Tonhöhe angibt, sondern denselben auch mit charakteristischem Timbre erschallen lässt.

So hat der Vocalklang U (flüsternd) neben seinem Eigenton b ein dumpfpfeifendes Timbre, — I bei seinem Eigenton b'''' ein zischend-sausendes, — A bei b'' ein volloffenes hauchendes Timbre. — Dieses Timbre rührt her von der Zahl und Höhe der dem Vocalklange eigenen Obertöne, über welche bei der Analyse der Vocale (beim Gehörwerkzeug) gehandelt wird.

Die nasale Klangfarbe der Vocale.

Das Timbre der Vocale kann noch in einer ganz besonderen Weise modificirt werden, wenn die Vocale „nasal“ gesprochen werden, was bekannter Weise namentlich in der französischen Sprache sehr verbreitet ist. Das nasale Timbre entsteht dadurch, dass das Gaumensegel nicht den Nasenraum absperrt (was allemal beim Anlauten der reinen Vocale geschieht), so dass die Luft der Nasenhöhle in Mitschwingungen versetzt wird. Beim nasal gesprochenen Vocal entweicht also die Luft durch Mund- und Nasenhöhle zugleich, beim reingesprochenen nur durch die Mundhöhle. Daher flackert nur im ersten Falle ein vor die Nasenlöcher gehaltenes Licht, oder beschlägt ein kaltes Glas oder Metall; nicht im letzteren (Czermak).

Vornehmlich werden die Vocale a, ä, ö, o, e nasal verwendet; das nasale i scheint jedoch in keiner Sprache vorzukommen. Jedenfalls ist es sehr schwer zu bilden, und zwar wohl deshalb, weil beim i der Mundcanal so eng ist, dass bei gleichzeitig offenem Nasenraume die Luft fast völlig durch letztere entweicht, während die geringe durch den Mundcanal streichende Luftmenge kaum zur Klangerzeugung hinreicht.

Das Anlauten der Vocale. Beim Anlauten der Vocale ist endlich noch zu beachten, ob dieselben aus bisher geschlossener Stimmritze angegeben werden, wie wir im Deutschen alle am Anfange der Wörter stehenden Vocale aussprechen. Es ist also bis dahin die Glottis verschlossen, und im Momente des Anlautens wird die Stimmritze zugleich mit der Intonirung gesprengt. Vocalaussprachen dieser Art bezeichneten die Griechen mit dem Spiritus lenis. Wird jedoch der Vocal angegeben, nachdem bereits vorher durch die geöffnete Stimmritze ein Anhauchen ausgeführt ist, dem der Vocalklang sich anschliesst, so entsteht der aspirirte Vocal, (mit dem Spiritus asper der Griechen).

Die lauten Vocale. B. Werden die **Vocale laut** angegeben, also bei zugleich ertönendem Stimmklange, so verstärkt der Eigenton der Vocalhöhle in charakteristischer Weise den entsprechenden im Stimmklange vorhandenen Partialton (Wheatstone, Helmboltz). Musikalisch lassen sich dem entsprechend die Vocale dann am reinsten intoniren, wenn ihre Tonhöhe so bemessen ist, dass dieselbe Obertöne enthält, welche mit dem Eigenton der angeblasenen Vocalhöhle harmonisch stimmen.

320. Die Consonanten.

Wesen der Consonanten. Die Consonanten sind Geräusche, welche an irgend einer Stelle des Ansatzrohres hervorgebracht werden.

Rücksichtlich der Entstehungsart dieser Geräusche können folgende unterschieden werden:

Explosivae. 1. Verschlusslaute (Explosivae), d. h. es wird ein gebildeter Verschluss durch die hindurchgepresste Luft unter stärkerem oder schwächerem Geräusche gesprengt, — oder umgekehrt es wird plötzlich der Luftstrom abgebrochen, (dabei ist zugleich die Nasenhöhle durch Erhebung des weichen Gaumens abgesperrt).

Aspiratae. 2. Reibungslaute (Aspiratae), d. h. es wird eine Stelle des Canales so verengt, dass die Luft sich nur unter einem sausenden Geräusche hindurchzwängen kann. (Die Nasenhöhle ist gleichfalls abgesperrt.)

L-Laute. Die L-Laute, welche den Reibungsgeräuschen nahe stehen, aber sich dadurch von ihnen unterscheiden, dass die enge Passage, durch welche die Luft hindurchgezwängt wird, nicht in der Mitte, sondern zu beiden Seiten der verschlossenen Mitte liegt. (Die Nasenhöhle ist abgesperrt.)

Zitterlaute. 3. Zitterlaute, welche dadurch entstehen, dass die durch eine enge Stelle des Canales hindurchgepresste Luft die Ränder der Enge in Vibrationen versetzt. (Nasenhöhle abgeschlossen.)

Resonantes. 4. Resonanten (auch Nasenlaute oder Halbvocale genannt). Die Nasenhöhle ist völlig frei, der Mundcanal ist jedoch nach vorn hin an einer Stelle fest verschlossen. Je

nach der Stelle dieses Mundverschlusses kann die Luft in einem grösseren oder kleineren Theile der Mundhöhle in Mitschwingungen versetzt werden.

Die Articulationsstellen der Consonanten.

Diesen möglichen Entstehungsarten der Geräusche müssen nun die Stellen, an denen sie erzeugt werden können, an die Seite gesetzt werden. Man kann diese Stellen als „Articulationsstellen" bezeichnen (Brücke).

Es sind diese die Stellen: A. zwischen beiden Lippen, — B. zwischen Zunge und hartem Gaumen, — C. zwischen Zunge und weichem Gaumen, — D. zwischen den beiden wahren Stimmbändern.

Indem wir nun prüfen, welche Arten der Geräusche an diesen Articulationsstellen vorkommen, gelangen wir zu folgenden Consonanten:

A. Consonanten der ersten Articulationsstelle.

Die Lippen-Consonanten.

A. 1. Explosive Lippenlaute: **b**: die Stimme tönt bereits, ehe die Explosion statthat; — **p**: die Stimme tönt erst, nachdem schon die Explosion stattgefunden hat (Kempelen).

A. 2. Reibungs-Lippenlaute: **f**: zwischen den oberen Schneidezähnen und der Unterlippe (labiodental), [es fehlt in allen echten slavischen Wörtern (Purkiňe)]. — **v**: zwischen beiden Lippen (labial); — **w** entsteht, wenn man den Mund für **f** einrichtet (sowohl labial, als auch labiodental), aber anstatt nur die Luft hinauszublasen, zugleich die Stimme tönen lässt. Es gibt also eigentlich zwei verschiedene **w**, nämlich das dem **f** entsprechende labiale z. B. Würde, — und das labiodentale: z. B. Quelle (gesprochen: Kwelle) (Brücke).

A. 3. Zitter-Lippenlaut (das Burr-Geräusch der Kutscher), fehlt in den civilisirten Sprachen.

A. 4. Resonant-Lippenlaut: **m**; — es entsteht lediglich dadurch, dass beim Tönen der Stimme die Luft der Mundhöhle und Nasenhöhle in Resonanz versetzt wird.

B. Consonanten der zweiten Articulationsstelle.

Die Zungen-Hartgaumen-Consonanten.

B. 1. Die Explosivlaute, welche zwischen der Zunge und dem harten Dach der Mundhöhle entstehen, sind, wenn sie scharf und ohne Mitlauten der Stimme angegeben werden, die harten **T**-Laute (auch **dt** und **th**); — wenn sie schwach und unter gleichzeitigem Ertönen des Stimmklanges hervorgebracht werden, die weichen **D**-Laute. (Je nachdem mehr die Spitze oder der Rücken der Zunge einerseits, — und die Zähne, oder der Alveolarrand, oder der harte Gaumen andererseits zur Bildung verwendet werden, finden sich in den verschiedenen Sprachen verschieden bezeichnete und gesprochene Modificationen dieser Consonanten.)

B. 2. Die Reibungsgeräusche der zweiten Articulationsstelle umfassen die **S**-Laute: — scharfe (auch **ss** oder **sz** geschrieben), welche ohne gleichzeitigen Stimmklang, und schwache, welche nur mit Angabe der Stimme ertönen. Auch hier sind Modificationen vorhanden, je nach den Regionen, zwischen denen der Zischlaut entsteht: so gehört zu den scharfen Zischlauten noch das scharfe **Sch** und das harte englische **Th**, — zu den sanften das weiche französische **J** und das weiche englische **Th**. — Hier schliessen sich an die **L**-Laute, die gleichfalls in mannigfachen Modificationen in den Sprachen vorkommen, z. B. das **L** mouillé der Franzosen. Auch die **L**-Laute können schwach mit Stimmklang und scharf ohne denselben angegeben werden.

B. 3. Die Zitterlaute der zweiten Articulationsstelle oder Zungen-**R**-Laute, die gewöhnlich mit Stimmton angegeben werden, aber auch ohne diesen gebildet werden können.

B. 4. Die Resonanten der zweiten Articulationsstelle sind die **N**-Laute, die ebenfalls in verschiedenen Modificationen vorkommen können.

C. Consonanten der dritten Articulationsstelle.

Die Zungen-Weich-gaumen-Consonanten.

C. 1. Die Explosiven sind die **K**-Laute, wenn hart und ohne Stimmklang, — die **G**-Laute, wenn mit denselben die Stimme angegeben wird. Es gibt von beiden verschiedene Modificationen: so liegt z. B. die Explosionsstelle des **G** und **K** vor e und i mehr nach vorn am Gaumen, als die des **G** und **K** vor a, o, u (Brücke).

C. 2. Die Aspiraten dieser Stelle sind, wenn hart und ohne Stimme lautirt wird, die **Ch**-Laute; bei schwacher Angabe und ohne Stimmklang wird **J** gebildet. Nach a, o, u werden diese Consonanten weiter nach hinten am Gaumen gebildet, als die nach e und i gesprochenen (Purkiňe).

C. 3. Der Zitterlaut dieser Articulationsstelle ist das Gaumen-**R**, welches durch Erzittern des Zäpfchens entsteht (Brücke).

C. 4. Der Resonant der dritten Articulationsstelle ist das Gaumen-**N**. Nach e und i wird der Verschluss mehr nach vorn, nach a, o, u mehr nach hinten verlegt. (Das nasale N der Franzosen ist jedoch gar kein Consonant, sondern nur das nasale Timbre des Vocales, welches dadurch entsteht, dass die Nasenhöhle offen steht.)

D. Consonanten der vierten Articulationsstelle.

Man kann consequenter Weise auch die Glottis selbst noch als vierte Articulationsstelle bezeichnen.

Die Stimm-ritzen-Consonanten.

D. 1. Ein Explosivlaut durch Sprengung der Stimmritze tritt nicht hervor, wenn man aus vorher verschlossener Glottis einen Vocallaut intonirt. Geschieht dies mit der Flüsterstimme,

so kann man allerdings ein schwaches kurzes Geräusch, von der plötzlichen Oeffnung der Stimmritze herrührend, vernehmen. Wie schon bemerkt, pflegten die Griechen die Aussprache des Vocales aus vordem geschlossener Glottis mit dem Spiritus lenis zu bezeichnen.

D. 2. Die Aspirate der Glottis stellt der **H**-Laut dar, welcher bei mittlerer Weite der Stimmritze angegeben wird, (im arabischen Hha bei noch engerer Stimmritze besonders scharf hervortritt).

D. 3. Ein Glottis-Zitterlaut findet sich in dem sogenannten Kehlkopfs-**R** des Niedersächsischen (und im Ain der Araber) (Brücke).

Derselbe kann hervorgebracht werden, wenn man einen Vocal mit möglichst tiefer Stimme angibt. Es folgt demselben alsdann ein deutlich stossweise erklingendes Vibriren der Stimmbänder, welches eben das Kehlkopfs-**R** darstellt. Es findet sich namentlich vertreten in der plattdeutschen Mundart von Vorpommern und Rügen, z. B. in Co͡arl (Carl), Wu͡ort (Wort), u. s. w. (Brücke).

D. 4. Ein Kehlkopfs-Resonant kann selbstverständlich nicht existiren.

Zusammensetzung der Consonanten. Die Zusammensetzung verschiedener Consonanten erfolgt so, dass schnell hintereinander die Bewegungen, welche zu den Consonanten nöthig sind, ausgeführt werden. *Zusammengesetzte C.* Zusammengesetzte Consonanten sind jedoch solche, welche gebildet werden, indem die Mundtheile gleichzeitig für zwei verschiedene Consonanten eingerichtet sind, so dass aus den gleichzeitig entstehenden beiden Geräuschen ein Mischgeräusch sich bildet. Beispiele sind: **Sch**, — **tsch**, **tz**, **ts** — **Ps** (Ψ) — **Ks** (X, Ξ).

321. Pathologisches zur Stimm- und Sprachbildung.

Aphonie. Lähmungen der motorischen Kehlkopfsnerven (des Vagus) durch Verletzungen oder Tumorendruck haben Stimmlosigkeit (Aphonie) zur Folge (Galen). Bei Aneurysma des Aortenbogens wird oft der N. recurrens sinister durch zu starke Dehnung gelähmt. Vorübergehend können Rheumatismen, Ueberanstrengungen, Hysterie, die Kehlkopfsnerven lähmen; auch seröse Durchtränkung der Kehlkopfsmuskel in Folge von Entzündungen werden Lähmung derselben und damit Aphonie erzeugen. Sind vornehmlich die Spanner gelähmt, so entsteht *Monotonie.* Monotonie der Stimme. Beachtenswerth sind besonders die Athemstörungen bei Kehlkopfslähmungen. So lange die Respiration ruhig bleibt, kann jegliche Störung fehlen; sobald jedoch lebhafter geathmet werden soll, tritt wegen des Unvermögens, die Glottis zu erweitern, oft die hochgradigste Dyspnoë ein, die ich auch bei Hunden beobachtet habe.

Ist nur ein Stimmband gelähmt, so wird die Stimme unrein, falsetartig. Aeusserlich fühlt man schon am Kehlkopf das geringere Vibriren an der gelähmten Kehlkopfsseite (Gerhardt), das noch besser durch die empfindliche Flamme erkannt wird (Toboldt). Mitunter sind die Stimmbänder nur so weit gelähmt, dass sie nicht bei der Phonation, wohl aber bei angestrengter Athmung und Husten sich bewegen (Phonische Lähmungen; Toboldt). *Phonische Lähmung.* Unvollständige einseitige Recurrens-Lähmung hat zuweilen wegen der ungleichen

Dyphthongie. Spannung der Stimmbänder Doppeltönigkeit (Dyphthongie) der Stimme zur Folge (Rossbach). — Nach Türck und Schnitzler soll jedoch die Doppeltönigkeit der Stimme dadurch entstehen, dass die beiden Stimmbänder sich an einer Stelle ihres Verlaufes berühren (etwa durch Auflagerungen oder Tumoren), so dass die Stimmritze in zwei Abtheilungen zerfällt, die jede für sich in ungleicher Tonhöhe den Stimmklang erzeugen. — Wird bei dem Versuche der Stimmangabe plötzlich die Stimmritze durch Muskelkrampf geschlossen, so entsteht die seltene Aphonia spastica (Schnitzler). — Schleimauflagerungen *Heiserkeit.* auf den Stimmbändern, Rauhigkeiten, Schwellungen, Lockerungen derselben haben Heiserkeit zur Folge; bilden sich beim Sprechen bei sehr genäherten Bändern plötzlich Berührungen, so „schnappt die Stimme über" wegen Bildung von Knotenpunkten.

Lähmung des Gaumensegels bewirkt (ebenso wie Perforation und angeborne Spaltung) nasales Timbre aller Vocale; erstere dazu Erschwerung der normalen Bildung der Consonanten der dritten Articulationsstelle; die Resonanten treten sehr stark hervor, während die Explosiven wegen des Entweichens der Luft durch die Nase geschwächt sind.

Die Lähmungen der Zunge erschweren das I; — E und Ä sind weniger leicht ausführbar; daneben muss die Bildung der Consonanten der zweiten und dritten Articulationsstelle gestört sein. Doch sollen Menschen selbst mit bedeutenden Zungendefecten sich eine verständliche Sprache wieder erworben *Aphthongie.* haben. Als Aphthongie wird ein Zustand bezeichnet, bei welchem jede Intention zu sprechen, krampfhafte Zungenbewegungen zur Folge hat (Fleury).

Bei Lähmung der Lippen (N. facialis) ist darauf zu achten, inwiefern die Consonanten der ersten Articulationsstelle ausführbar sind. Auch die Hasenscharte ist hier zu berücksichtigen. — Bei Verstopfung der Nase nimmt die Sprache den sogenannten „gestopften Mundton" an. Die Bildung der Resonanten auf normalem Wege hört natürlich auf. — Bei Exstirpation des Kehlkopfes hat man eine weit durchschlagende Metallzunge (als künstlichen Kehlkopf) in einer Röhre zwischen Trachea und Mundhöhle eingefügt (Czerny). — Alle Störungen der Lautbildung kann man als „Stammeln" (Dysarthria litteralis) bezeichnen.

322. Vergleichendes; — Historisches.

Ursprung und Wesen der Sprache. Die Sprache gehört zu den „Ausdrucksbewegungen (Darwin). Die Gemüthsbewegungen rufen im Menschen charakteristische Bewegungen hervor, an denen sich stets ganz besondere Muskelgruppen betheiligen (z. B. Lachen, — Weinen, — Gesichtsausdruck und Geberde bei Angst, Zorn, Scham, Entmuthigung, Thatenlust, Abscheu, Begierde u. dgl.). Derartige Bewegungen geben die Mittel, durch welche verwandte Wesen sich ihre inneren Zustände mittheilen können (Wundt). In ihrem ersten Entstehen sind die Ausdrucksbewegungen reflectorisch erregte Bewegungserscheinungen; werden sie jedoch zum Zwecke der Verständigung reproducirt, so sind sie willkürliche Imitationen dieser Reflexe. — Ausser den Gemüthsbewegungen rufen auch die Einwirkungen auf die Sinnesorgane charakteristische Reflexe hervor, die zu Ausdrucksbewegungen verwendet werden (Geiger): z. B. Streicheln oder Schmerzerregung auf der äusseren Haut; Bewegungen nach Einwirkung angenehmer oder unangenehmer Düfte, ebenso der Schallwirkungen, ferner der Lichteinwirkung (hell und dunkel, und der Farben) und der Wahrnehmung von Objecten aller Art.

In ihrer einfachsten Form äussert sich die Ausdrucksbewegung in der Geberdensprache. Die Sprache kann in engerem Sinne als „Klanggeberde" bezeichnet werden, bei welcher vielfach noch die begleitenden Bewegungserscheinungen in Mienenspiel und Geberde mit zum Ausdruck gelangen. So ist in erster Linie der Sprachlaut bedingt durch charakteristische reflectorisch angeregte Bewegungserscheinungen an den sprachbildenden Organen.

Ein zweites Mittel zur Verständigung liegt in der Nachbildung von Schallerscheinungen durch das Sprachorgan (Onomatopoesis), z. B. des Zischens der Fluten, Brausens des Sturmes, Rollens des Donners, des Klingens, Heulens, Pfeifens u. dgl. — Versucht man weiterhin die auf anderen Sinnes-

erregungen beruhenden Eindrücke in gewissermassen correspondirende Klangempfindungen zu übersetzen, so kann man von indirecter Onomatopoesis (Lazarus, Steinthal) reden, also wenn man z. B. einen plötzlichen Stich, oder einen blendend aufleuchtenden Blitz durch einen kurz hellpfeifenden Laut bezeichnen wollte (Heise's Princip der Lautmetapher).

So mag die Ursprache des Menschen eine Reihe von reflectorisch erregten Klanggeberden und onomatopoetischen Nachahmungen gewesen sein. — Weiterhin ist natürlich die Sprachäusserung an den Vorgang der Apperception gebunden. Keine Vorstellung kann durch Sprache oder Geberde kundgegeben werden, die nicht zuvor appercipirt, d. h. aus den zahlreichen Vorstellungen, die das Bewusstsein erfüllen, in den inneren Blickpunkt gehoben wäre (Wundt).

Das Vorkommen der verschiedenen Laute in den verschiedenen Sprachen ist ein sehr mannigfaches. Manche Sprachen (z. B. der Huronen) haben keine Lippenlaute; auf einigen Südseeinseln werden keine Kehllaute gesprochen; f fehlt im Sanskrit, Finnischen etc., das kurze e, o und die weichen Sibilanten im Sanskrit, d im Chinesischen, Mexikanischen, s bei vielen Polynesiern, r im Chinesischen u. s. w.

Stimme der Säugethiere,

Ausdrucksbewegungen kommen auch noch bei Thieren, zumal den höher entwickelten vor. — Das Stimmorgan der Säuger ist im Wesentlichen dem menschlichen gleich. Als besondere Resonanzorgane dienen einigen Affen (Orang-Utang, Mandrill, Paviau, Makakus, Mycetes) grosse mit Luft aufblähbare Säcke, die zwischen Kehlkopf und Zungenbein einmünden.

der Vögel,

Die Vögel besitzen 2 Kehlköpfe, von denen der untere, an der Theilung der Luftröhre belegen, zur Stimmbildung befähigt ist. Zwei in je einen Bronchus hineinragende Schleimhautfalten (bei Singvögeln 3) werden durch 1—5—6 Muskelpaare gespannt und genähert, und dienen zur Tonerzeugung.

der Reptilien,

Unter den Reptilien vermögen die Schildkröten, weil ihnen die Stimmbänder fehlen, nur ein schnaubendes Blasen hervorzubringen, das bei Emys zu einem eigenthümlichen Pfeifen sich steigern kann. Die Blindschleichen sind völlig stimmlos; die Chamäleonen und Eidechsen zeigen eine sehr schwache Stimmbildung; die Kaimans und Krokodile vermögen ein Gebrüll auszustossen, doch geht manchen ausgewachsenen Krokodilarten (wegen Veränderung des Kehlkopfes) die Stimme verloren (Mohnike). Den Schlangen fehlen besondere Apparate zur Stimmbildung; indem sie aus ihrer geräumigen Lunge die Luft durch den Kehlkopfseingang ausstossen, erzeugen sie ein Zischen, welches mitunter überraschend laut und rauh werden kann (Puffotter, Brillenschlange). — Unter den Amphibien besitzen die Frösche einen Kehlkopf mit Stimmbändern und Muskeln. Bei schwachem Anblasen erzeugen sie (ohne Muskelwirkung) tiefe intermittirende Töne; bei starkem Anblasen und Contraction des Kehlkopfsschliessers erfolgt ein heller continuirlicher Ton. Bei Rana esculenta besitzen die Männchen an den Mundwinkeln jederseits eine aufblähbare klangverstärkende Schallblase; bei den Laubfröschen legen sich diese beiden in der Mittellinie zu einem Kehlsacke neben einander. Unter den Krötenfröschen kommen meist schwächere Laute vor, unter denen der glockenartige Ton des Bombinator merkwürdig ist; die echten Kröten geben schwache Töne von sich. Sehr merkwürdig ist das Stimmorgan der Wabenkröte (Pipa): im Innern des grossen Kehlkopfes ragen 2 Knorpelstäbchen frei hervor; diese werden durch den Luftzug in Vibration versetzt, und tönen so wie vibrirende Stäbe, oder wie die Branchen einer Stimmgabel. Die Molche geben nur selten einen kurzen Uik lautenden Ton von sich. Unter den Fischen kommen Lautäusserungen vor, entweder durch Reibung der oberen oder unteren Schlundknochen gegen einander, oder durch Entweichen der Luft aus der Schwimmblase, oder aus Mund und After (pag. 207). Endlich vermögen auch Muskelgeräusche der Fische wahrnehmbar zu werden (pg. 568).

der Amphibien. Lautäusserungen der Fische,

der Insecten.

Unter den Wirbellosen vermögen die Insecten theilweise durch Ausstossen der Exspirationsluft aus den Stigmen, welche mit Zungenwerken versehen sind, Töne zu erzeugen (z. B. Immen, viele Dipteren u. A.). Daneben tönen oft die Flügel durch rapide Bewegung ihrer Muskeln (Fliegen, Käfer, Immen). Der Todtenkopf (Sphinx atropos) tönt durch Ausstossen von Luft aus

dem Saugmagen. Bei anderen werden Geräusche durch Reibung der Schenkel an den Flügeldecken (Acridium), oder der Flügeldecken an einander (Gryllus, Locosta), oder der Brust (Cerambyx), der Schenkel (Geotrupes), ferner des Abdomens an den Flügelrand (Nekrophorus), der Unterflügel an den Flügeldecken (Pelobius) erzeugt (H. Landois). Bei den Cikaden vibriren Trommelhäute, welche durch Muskeln gezupft werden. — Reibegeräusche kommen zwischen Cephalothorax und Abdomen noch bei einigen Spinnen (Theridium) vor (H. Landois); bei einigen Krebsen (Palinurus) noch an den Scheerenfüssen (Möbius). — Bei den Lungenschnecken (Helix) kommt es beim Entweichen der Luft zu einer Art Stimme (H. Landois); endlich vermögen einige Muscheln (Pecten) durch Aneinanderschlagen der Schalen zu tönen. Im Thierreiche dienen meist die Lautäusserungen als Locktöne.

Spinnen. Krebse. Schnecken. Muscheln.

Historisches.

Historisches. Der Hippokratischen Schule war bekannt, dass die Durchschneidung der Luftröhre die Stimmbildung aufhebe. Galen sah dasselbe nach Anlegung des doppelten Pneumothorax, ferner nach Durchschneidung der Intercostalmuskeln oder ihrer Nerven, sowie nach Zerstörung des unteren Rückenmarkes (selbst dann wenn das Zwerchfell noch functionirte). Das Erlöschen der Stimme in hohen Schwächezuständen, zumal nach Blutverlusten, war den Alten bekannt. — Die Lautlehre war schon bei den alten Indern, weniger bei den Griechen, dann aber bei den Arabern gepflegt. Pietro Ponce ertheilte zuerst Taubstummen Sprachunterricht († 1584). Weiterhin studirte Bacon (1638) die Configuration des Mundes zur Aussprache der verschiedenen Laute; ferner Joh. Wallis (1653) zum Theil für den Taubstummen-Unterricht. Kratzenstein (1781) stellte zuerst künstliche Vocale dar, indem er an ein frei durchschlagendes Zungenwerk verschieden geformte Ansatztrichter befestigte. — Der Wiener Hofrath Wolfg. von Kempelen construirte (1769—1791) die erste sprechende Maschine. Als Stimmwerk diente eine kleine durch einen Blasebalg bewegte Elfenbeinzunge. Im Ganzen gelangen die Consonanten wohl. Die Aspiraten stellte er durch pfeifende und zischende Ansatzröhren, die Explosivae durch klappenartige Vorrichtungen her, R durch ein auf der Elfenbeinzunge tanzendes Stäbchen u. s. w. Die Vocale erzeugte er durch einen Schalltrichter, dessen Hohlraum er durch Handbewegung veränderte. A, O, U gelangen wohl, E schwieriger, I äusserst unvollkommen. Das ganze Werkzeug wurde durch einen Blasebalg angeblasen, während die Rechte durch Heben von Ventilen, die Linke durch Veränderung des Schalltrichters die Maschine „spielten". — Rob. Willis (1828) fand, dass eine elastische schwingende Feder je nach der Tiefe oder Höhe ihres Tones die Vocale in der Reihe U, O, A, E, I angibt, ferner dass man auch durch Verlängerung oder Verkürzung eines künstlichen Ansatzrohres an ein Stimmwerk in gleicher Folge die Vocale erzeugen könne. — Die neuesten wichtigen Aufschlüsse über die Sprache rühren von Wheatstone, Helmholtz, Donders, Brücke u. A. her und sind im Texte dargestellt.

Sprachmaschine.

Künstliche Vocal-Köpfe.

Es ist mir in besonders glücklicher Weise gelungen, künstliche Vocale zu erzeugen. An den Hälften eines sagittal durchsägten Kopfes stelle ich alle Theile so, wie sie bei Angabe eines bestimmten Vocales formirt sein müssen (Fig. 128), und fülle den Hohlraum von der Luftröhre bis zu den Lippen mit Parafin. Dann werden die beiden zusammengehörigen Hälften auf einander geschmolzen. Das so erhaltene Gebilde ist der Abguss der betreffenden Vocalhöhle. Der Parafinabguss wird mit Gyps überzogen, dann das Parafin ausgeschmolzen; auf diese Weise ist eine Gypsnachbildung der Vocalhöhle gewonnen. Nun wird von unten her in der Luftröhre ein Stimmwerk angebracht. Hierzu verfertige ich eine dünne in weitem Rahmen durchschlagende Metallzunge, deren Ton ich auf den Eigenton der Gypshöhle möglichst genau abstimme. Es sind mir so überraschend gut alle Vocale gelungen, selbst I. — In besonders schöner Weise ist es Hensen gelungen die Genauigkeit der Tonhöhe eines gesungenen Tones zu bestimmen. Man singt den Ton gegen eine König'sche Kapsel mit Gasflamme. Derselben gegenüber steht eine Stimmgabel, horizontal schwingend, die vor dem Ende einer Branche einen Spiegel trägt, in welchem sich das Flammenbild zeigt. Ist der Stimmton gleich dem der Gabel, so zeigt die Flamme im Spiegel 1 Zacke, bei der Octave 2, Duodecime 3, Doppeloctave 4 Zacken.

Hensen's Bestimmung der Tongenauigkeit.

Allgemeine Nervenphysiologie und Elektrophysiologie.

323. Bau und Anordnung der Nervenelemente.

Nervenfasern und Nervenzellen.

Die Elemente der Nervensubstanz treten uns stets in zwei verschiedenen Formen entgegen: als Nervenfasern und als Nervenzellen (oder Ganglienkörper). Beiden kommt eine physiologisch verschiedene Dignität zu. Die Fasern bedeuten für uns stets nur einen Leitungsapparat, der das Centralwerkzeug mit der charakteristischen Nervenendigung in Verbindung setzt. Die Zellen jedoch erweisen sich als physiologische Centra (für die automatische oder reflectorische Bewegung, für die Empfindung, Seelenthätigkeit, für die trophischen und secretorischen Functionen).

Die Fasern sind Leitungsorgane.

Die Nervenzellen sind physiologische Centra.

Nervenfasern.

I. Die Nervenfasern treten in sehr verschiedenen Formen auf: bei der Besprechung wollen wir von den einfachsten zu den complicirtesten vorgehen.

Primitivfibrillen.

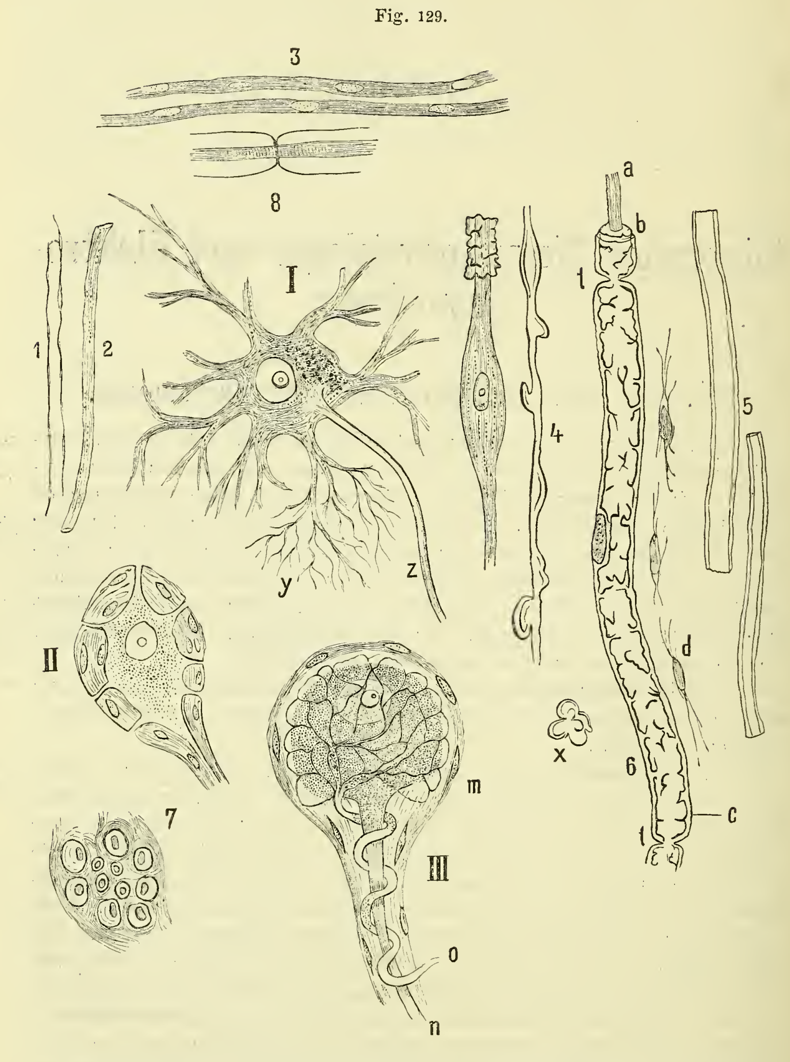
1. Als einfachste Form der Nervenfasern kennen wir die bei 500- bis 800facher Vergrösserung überhaupt erst sichtbaren zartesten Fäserchen, welche Primitivfibrillen (Max Schultze) oder Axenfibrillen (Waldeyer) genannt werden (Fig. 121, 1). Sie erscheinen als zarte in einigen Abständen leicht varicös oder spindelförmig verdickte Fäserchen (Leichenerscheinung), die vornehmlich nach Einwirkung von Goldchlorid durch Bräunung erkannt werden. Sie treten theils in der Nähe der Endausbreitung der Nerven auf, hervorgegangen aus der Zerfaserung des Axencylinders, wie z. B. in dem Stratum der Opticusfasern in der Retina, in der Endverbreitung der Olfactoriusfasern, ferner in netzartiger Verbindung an der Endausbreitung im glatten Muskelgewebe (pag. 542). Theils finden sie sich in der grauen Substanz des Hirns und Rückenmarkes, als feinste Ausläufer zertheilter Ganglienfortsätze.

Nackte Axencylinder.

2. Nackte Axencylinder (Fig. 2) stellen Bündel der Primitivfibrillen dar, die sich als zarteste Längsstreifung mit zwischengestreuten feinen Körnchen auszeichnen. Man trifft sie in exquisitester Weise als sog. Axencylinderfortsatz centraler Ganglienzellen. Manche

neueren Forscher sprechen jedoch dem Axencylinder jene Zusammensetzung aus Fibrillen ab.

Fig. 129.



1 Primitivfibrillen. — 2 Axencylinder. — 3 Remak'sche Fasern. — 4 Markhaltige varicöse Fasern. — 5. 6 Markhaltige Fasern mit Schwann'scher Scheide: *c* das Neurilemma, — *tt* die Schnürringe Ranvier's, — *b* das Mark, — *d* Zellen des Perineuriums. — *a* der Axencylinder. — *x* Marktropfen oder Myelinkugel. — 7 Querschnitt eines Nerven mit deutlichen Axencylindern, Markhüllen und Perineurium. — 8 Nervenfaser mit Höllenstein behandelt; der Axencylinder quergestreift vom Schnürringe aus, nach Frommann. — — *I* Polypolare Ganglienzelle des Rückenmarks; *z* Axencylinderfortsatz, *y* Protoplasmafortsätze; rechts davon eine bipolare Ganglienzelle. — — *II* Periphere Ganglienzelle mit bindegewebiger Hülle. — — *III* Ganglienzelle mit umsponnenen Fasern: *m* Hülle, — *n* Axencylinderfortsatz, — *o* gerankter Fortsatz.

Remak'sche Fasern.

3. Axencylinder umhüllt mit Schwann'scher Scheide (3,8—6,8 μ breit) werden als Remak'sche Fasern (nach ihrem Entdecker) bezeichnet (Fig. 3). Die Scheide dieser „blassen" Nervenfasern ist eine mit ovalen Kernen hin und wieder besetzte zarte structurlose elastische Hülle. Verdünnte Säuren erhellen die Fasern ohne Quellung, Goldchlorid macht sie braunroth. — Sie finden sich vielfach im N. sympathicus (namentlich in den Milznerven), ferner im Geruchsnerven; weiterhin sind alle Nerven im embryonalen Leben, sowie die Nerven vieler Wirbellosen von gleicher Bauart.

Markhaltige (varicöse) Fasern.

4. Axencylinder oder Nervenfibrillen nur von einer Markscheide überkleidet, finden sich in der weissen und grauen Substanz der Centralorgane, ferner im N. opticus und acusticus. Sie zeigen nach dem Tode die Neigung varicöse oder buckelige Verdickungen zu erzeugen (in Folge der Markgerinnung), weshalb sie auch varicöse Fasern genannt werden (Fig. 4). Ueberosmiumsäure wirkt unvollkommen auf sie ein; sonst zeigt das Mark dieselben Eigenschaften wie bei den Fasern der folgenden Kategorieen, bei denen es genauer besprochen wird.

Breite markhaltige Nervenfasern.

5. Den complicirtesten Bau zeigen die in den cerebrospinalen Nerven vorherrschenden, aber auch im N. sympathicus vereinzelt vorkommenden markhaltigen Fasern mit Schwann'scher Scheide (Fig. 5, 6). Die Breite wechselt von 1,0—22,6 μ. Als das eigentlich „Nervöse" dieser Fasern ist der etwa $^1/_4$—$^1/_5$ der Breite einnehmende Axencylinder (Purkiňe) zu bezeichnen (6. a), der wie der Docht in der Kerze vom Nervenmark umhüllt liegt. Gewöhnlich ist er etwas abgeplattet, liegt mitunter auch etwas excentrisch (Fig. 7), im Uebrigen ist er aber aus Fibrillen zusammengesetzt (von Einigen bestritten), zwischen denen zerstreut kleinste Körnchen angetroffen werden. Chloroform, Collodium machen ihn sichtbar; isolirt wird er am leichtesten durch Salpetersäure mit überschüssigem chlorsauren Kalium. Seine Consistenz ist während des Lebens die des festweichen (pag. 542. 1) Protoplasmas [vielleicht sogar eine mehr flüssige (Fleischl, Boll, Arndt)]. Durch Behandlung mit Silbernitrat sah Frommann stellenweise Querstreifung am Axencylinder (Fig. 8) auftreten, deren Bedeutung nicht festgestellt werden konnte.

Axencylinder.

Markscheide.

Den Axencylinder umgibt die „Markscheide", die im frischen Zustande völlig homogen und stark lichtbrechend, dabei von flüssiger Consistenz ist, so dass sie aus den Schnittenden der Fasern in kugeligen Tropfen hervorquillt (x). Nach dem Tode jedoch, oder unter der Einwirkung heterogener Flüssigkeiten zieht sich das Mark zuerst etwas von der Hülle zurück, wodurch die Faser „doppelcontourirt" wird, dann zerfällt die Substanz durch eine Art Emulsionirung (Toldt) in viele theils grössere, theils kleinere Tropfen, die sich jedoch dicht gegen einander drängen. So kommt es in der Nervenfaser zur Bildung eigenthümlicher zerklüfteter, später coagulirter Massen, die der Faser ein ganz charakteristisches Aussehen verleihen (Fig. 6). Die Substanz der Markscheide ist besonders reich an

Cerebrin, das in warmem Wasser aufquellend ähnliche Formen (die man auch wohl als „Myelinformen“ bezeichnet hat) annimmt. Aether, Chloroform, Benzin geben durch Auflösung der fettähnlichen Bestandtheile in den Fasern letzteren eine grössere Durchsichtigkeit; Ueberosmiumsäure schwärzt sie.

Schwann'sche Scheide. Unmittelbar der Markscheide liegt äusserlich die Schwann'sche Scheide (oder das Neurilemma) an (6. c), eine zarte structurlose, dem Sarkolemma ähnliche Membran, die der elastischen Substanz nahe steht. Sie enthält von Strecke zu Strecke oblonge, leicht tingirbare Kerne (b). Nach Zusatz von Essigsäure oder in Chromsäurepräparaten erscheint diese Scheide streckenweise isolirt.

Ranvier's Schnürringe. Die Schwann'sche Scheide bildet (bei dickeren Fasern in etwas längeren, bei dünneren in etwas kürzeren Abständen) die Ranvier'schen Schnürringe („Anneau constricteur“) (6. tt). Es sind dies ringförmige Einschnürungen, an denen das Mark fehlt, und die Schwann'sche Scheide nahe an den Axencylinder herantritt. Allemal zwischen zwei Schnürringen liegt ein Kern, so dass man ein solches Stück der Faser als einer Zelle äquivalent und aus ihr hervorgegangen bezeichnen kann. An den Schnürringen tritt das ernährende Plasma in die Faser zum Axencylinder (wie auch Farbstoffe von hier den letzteren zu färben vermögen) (8), ebenso werden von hier die Umsatzproducte abgeführt. Es scheint, dass am Schnürringe durch Kittsubstanz je zwei Strecken Schwann'scher Scheide zusammengefügt sind.

Die inneren Hornscheiden. Nach Ewald und W. Kühne ist endlich nun noch sowohl der Axencylinder als auch die Markscheide von einer äusserst zarten aus Neurokeratin bestehenden Hornscheide überzogen. Beide stehen durch die Substanz des Markes hindurch vermittelst querer oder schräger Brücken in Verbindung, welche das Mark zwischen zwei Schnürringen in eine Anzahl hinter einander liegender Abschnitte theilen (Lantermann, Boll, Kuhnt).

Theilung der Nerven. Die Nervenfasern verlaufen in den Stämmen ungetheilt; ihrer Endverbreitung sich nähernd gehen sie meist in zwei völlig gleichbleibende Fasern über; es kommen aber auch selbst mehrfache Theilungen vor. *Perineurium, Endoneurium.* Dort wo mehrere Fasern zusammenliegen, sind dieselben durch zellenhaltiges Bindegewebe (Robin's Perineurium) zusammengefügt (6. d). Innerhalb gröberer Nervenstämme vertheilt sich dieses (ganz analog wie zwischen den Muskelfasern) als Perineurium internum (oder Endoneurium) zwischen den einzelnen den Nervenstamm zusammensetzenden Nervenbündeln.

Der Erwähnung werth ist die Thatsache, dass bei Thieren die Nervenhüllen sich mitunter noch complicirter gestalten. So ist z. B. an dem elektrischen Nerven des Zitterwelses eine so reichhaltige Schichtung Schwann'scher Scheiden um die einzige Nervenfaser herum, dass diese die Dicke einer Stricknadel erreicht!

II. **Die Ganglien** sind theils als Zellen, theils als complicirter gebaute Gebilde aufgefasst worden. Sie zeigen sich in verschiedener Gestaltung.

Multipolare Ganglien.

1. Multipolare Ganglien (Fig. 129 I) (Purkiňe 1838) finden sich theils als grosse [(über 100 μ., bequem mit blossem Auge sichtbare) in den Vorderhörnern des Rückenmarks und der Kleinhirnrinde], theils als kleine [(20—10 μ.) in den Hinterhörnern, vielen Stellen des Gross- und Kleinhirnes, in der Retina], kugelige, ovoide oder birnförmige Zellen mit zahlreichen Ausläufern versehen, welche den Zellen oft ein sternförmiges Aussehen gewähren. Ich fand mit meinem Bruder die Ganglien jugendlicher Insecten um vieles kleiner, als die der Erwachsenen; Aehnliches berichtet auch Schwalbe für diese Zellen und ihren Kern. — Der Zellkörper ist hüllenlos, von weicher Consistenz, und zeigt ein feinfaseriges Gefüge bis in die Fortsätze hinein. Zwischen den Fibrillen liegen zerstreut feinste Körnchen. Ausserdem trifft man gelbes oder braunes feinkörniges Pigment, entweder an einer besonderen Stelle in der Zelle angehäuft, oder durch die ganze Zelle verbreitet. Der relativ grosse Kern ist ein wasserhelles Bläschen (in der Jugend jedoch ohne Membran; Schwalbe). Im Innern des Kernes liegt das (frisch eckige und mit Fortsätzen versehene bewegungsfähige), nach dem Tode stark lichtbrechend kugelige Kernkörperchen, das abermals im Innern oft ein Korn (Schrön) durchscheinen lässt. Unter den Fortsätzen findet sich an den Rückenmarksganglien ein unverästelter, welcher Axencylinderfortsatz (I. z) heisst, und der nach einem ungetheilten Verlaufe sich weiterhin mit Mark umgibt, und so zum Axencylinder einer markhaltigen Nervenfaser wird (Gerlach). (Ob die Hirnganglien derartige Fortsätze besitzen, ist noch zweifelhaft.) Die übrigen Fortsätze theilen sich in viele feinste Verzweigungen (Primitivfibrillen), einem verästelten Wurzelwerke ähnlich. Diese heissen Protoplasmafortsätze (I. y). Durch sie hängen die Ganglienzellen unter einander in leitender Verbindung zusammen. Ausserdem gehen durch Zusammenlegen vieler dieser feinsten Fäden wieder andere Nervenfasern (Axencylinder) hervor.

Bipolare Ganglien.

2. Bipolare Ganglienzellen (R. Wagner, Robin, Bidder, Reichert) finden sich am schönsten bei Fischen, z. B. in den Spinalganglien der Rochen und Haie, sowie im Ggl. Gasseri des Hechtes. Sie erscheinen eigentlich als kernhaltige spindelförmige Anschwellungen des Axencylinders (rechts neben I). Oft fehlt dort, wo das Ganglion in der Faser eingeschaltet ist, das Nervenmark; mitunter geht aber das Mark und die zarte Hülle der Primitivscheide über sie hinweg.

Ganglien mit bindegewebigen Hüllen.

3. Ganglienzellen mit bindegewebigen Hüllen (II) trifft man (gegen 50 μ. gross) innerhalb der peripherischen Nervenknoten des Menschen, z. B. in den Spinalganglien an. Die weichen Zellkörper, welchen mehrere Fortsätze zuzukommen scheinen, sind mit einer derben, aus dicht aneinander gelagerten Bindegewebszellen zusammengefügten Hülle überkleidet, an deren Innenwand eine Schicht zarter Endothelzellen nachgewiesen werden kann. Die Hülle steht weiterhin mit der der Nervenfasern in Zusammenhang.

Da die zarten Fortsätze leicht bei der Präparation abreissen, so ist es schwer zu entscheiden, ob wirklich auch unipolare oder gar apolare

Ganglien vorkommen. Einige haben in letzteren unvollendete oder in ihrer Entwickelung gehemmte Bildungen sehen wollen.

Ganglien mit umsponnenen Fasern. 4. Ganglienzellen mit umsponnenen Fasern (Beale, J. Arnold) finden sich vornehmlich im Bauchsympathicus der Frösche. Aus der birnförmigen Zelle geht nach einer Richtung gerade und unverästelt ein Fortsatz hervor (III. n), welcher weiterhin zum Axencylinder eines Nerven wird. Ausserdem sammelt sich von der Oberfläche der Zelle, aus einem äusserst zarten Netzwerk feinster Fasern eine zweite Nervenfaser, die spiralig die erste umrankt und weiterhin in eine andere Richtung des Verlaufes übergeht (o). Eine kernhaltige Hülle (m) überkleidet Zelle und Fortsätze. Die Bedeutung der verschiedenen Fasern ist nicht erwiesen.

324. Chemie der Nervensubstanz.

Mechanische Eigenschaften der Nerven.

Albuminate. 1. Eiweisskörper. Eiweiss gehört vornehmlich dem, dem Protoplasma ähnlichen, Axencylinder und der Substanz der Ganglienzellen an. Ein Theil erinnert in einigen Beziehungen in seinem Verhalten an das Myosin (pag. 543). Verdünnte Kochsalzlösung extrahirt einen Eiweisskörper aus der Nervensubstanz, der durch viel Wasser, aber auch durch concentrirte Kochsalzlösung gefällt wird (Petrowsky). Ferner findet sich Kalialbuminat und Globulinsubstanz. — Unter den albuminoiden Körpern trifft man Nuclein (pag. 458, 3) (Jaksch); ferner das dem Keratin (pag. 458, 4) verwandte Neurokeratin (Kühne) in den Hornscheiden der Nervenfasern, welches nach künstlicher Trypsinverdauung (pag. 308) grauer Nervensubstanz übrig bleibt. — Die Substanz der Schwann'schen Scheide gibt keinen Leim, sie steht dem Elastin nahe (pag. 459, 7), doch ist sie leichter in Alkali löslich.

Albuminoide.

In Aether lösliche Stoffe. 2. Die in Aether löslichen fettähnlichen Stoffe, welche vornehmlich der weissen Marksubstanz angehören:

Cerebrin. a) Das Cerebrin (pag. 459, 3).

Weisses Pulver sphärischer Körnchen, löslich in heissem Alkohol und Aether; unlöslich in kaltem Wasser, in heissem kleisterartig quellend. Es zersetzt sich schon bei 80° C.; seine Lösungen sind neutral. Längere Zeit mit Säuren gekocht spaltet es sich in einen linksdrehenden zuckerähnlichen Körper und andere unbekannte Producte. Zur Darstellung wird Gehirn mit Barytwasser zur dünnen Milch zerrieben. Das sich ausscheidende Coagulum wird mit kochendem Alkohol extrahirt. Das gewonnene Extract wird zur Befreiung von Cholesterin (pag. 320) oft mit kaltem Aether behandelt (W. Müller).

Lecithin. b) Lecithin (vgl. pag. 46. III. und pag. 460) und Zersetzungsproducte desselben.

Das Neurin (sive Cholin = $C_5H_{15}NO_2$) ist eine stark alkalische farblose Flüssigkeit, mit Säuren krystallisirbare Salze bildend. Man kann es durch Synthese aus Glycol und Trimethylamin bilden; es ist in H_2O und Alkohol löslich. Das Lecithin ist also ein Salz des basischen Neurins.

[Liebreich's Protagon ist ein Gemenge von Lecithin und Cerebrin (Hoppe-Seyler).]

3. Durch Wasser extrahirbar sind ferner: Xanthin und Hypoxanthin (Scherer, pag. 464), Kreatin (Lerch, pag. 464), Inosit (W. Müller, pag. 463), gewöhnliche Milchsäure (Gscheidlen) und flüchtige Fettsäuren (W. Müller), Leucin (in Krankheiten), Harnstoff (bei Harnretention), (? Harnsäure). Alle diese Substanzen sind wohl vornehmlich Producte der regressiven Stoffmetamorphose.

Durch Wasser extrahirbare Körper.

Die ruhende Nervensubstanz reagirt neutral oder schwach alkalisch, die thätige (? und abgestorbene) sauer (Funke). Stets sauer reagirt aber die graue Substanz (Gscheidlen), sie wird nach dem Absterben noch saurer. Da die abgestorbenen Nerven consistenter sind, so kommt postmortal in der Nervenmasse wohl eine der Muskelstarre (pag. 546) vergleichbare Nervenstarre zur Ausbildung, bei welcher sich freie Säure abspaltet. Schnell bei 100° C. „gebrühte" frische Gehirne bleiben alkalisch (ähnlich wie Muskeln, pag. 548).

Reaction der Nervenmasse.

Die graue Substanz ist wasserreicher (81,6%) als die weisse (68,4%); in der trockenen Masse ist enthalten: 55,4% Albumin und Glutin in der grauen Substanz, (24,7% in der weissen), Lecithin 17,2% (9,9%), Cholesterin und Fette 18,7% (51,9%), Cerebrin 0,5 (9,5%), in Aether unlösliche Extracte 6,7% (3,3%), Salze 1,5% (0,6%) (Petrowsky). In 100 Theilen Asche fand Breed Kali 32, Natron 11, Magnesia 2, Kalk 0,7, Kochsalz 5, Phosphorsaures Eisenoxyd 1,2, Gebundene Phosphorsäure 39, Schwefelsäure 0,1, Kieselsäure 0,4.

Quantitative Bestimmung der Bestandtheile.

Unter den mechanischen Eigenschaften der Nervenfasern ist beachtenswerth das Fehlen jeglicher elastischer Spannung bei den verschiedensten Haltungen der Körpertheile. Man erkennt dies schon daran, dass durchschnittene Nerven sich nicht retrahiren, und dass der Nerv sich auf seiner Oberfläche in zierliche makroskopisch sichtbare zarte Querfalten legt: (Fontana's Querstreifung).

Mechanische Eigenschaften der Nerven.

Die bedeutende Cohärenz gegen Zug bewirkt es, dass bei gewaltsamem Abreissen von Gliedmassen beim Menschen (etwa durch Maschinengewalt) die Nervenstämme oft widerstehen. In die einzelnen Fasern jedoch zerlegt sich der Nerv sehr leicht.

325. Stoffwechsel im Nerven.

Ueber den Stoffwechsel in dem Nervengewebe ist bisher sehr Weniges ermittelt worden. Constatirt ist zunächst das Vorkommen verschiedener Extractivstoffe, welche als Umsetzungsproducte angesprochen werden müssen (324, 3). Dahingegen ist es bisher nicht gelungen, mit Zuverlässigkeit einen Austausch von O und CO_2 nachzuweisen. Dass jedoch ein vom Blute ausgehender Stoffwechsel in der Nervensubstanz stattfinden muss, geht schon daraus hervor, dass nach Compression der Gefässe die Erregbarkeit der Nerven abnimmt, und nach Freigebung des Kreislaufes sich wieder erneuert. So folgen der Compression der Aorta abdominalis

Umsatzproducte im Nerven.

Einfluss der Circulation.

Lähmung und Gefühllosigkeit der unteren Körperhälfte; Unwegsamkeit der Kopfgefässe hat fast momentane Ausserfunctionsetzung des Grosshirns zur Folge. Bei solcher Bewandtniss ist immerhin die grosse Armuth der Nervenstämme an Blutgefässen auffallend. Da jedoch den Centralorganen (zumal dem Gehirn) eine zweifellos reichere Gefässvertheilung eigen ist, so dürfte die Annahme gerechtfertigt sein, dass diesen ein umfangreicherer Stoffwechsel zukommt, als den einfachen Leitungen.

326. Erregbarkeit der Nerven; — Reize.

Der Nerv besitzt die Fähigkeit durch Reize in den erregten Zustand überzugehen, man nennt ihn daher erregbar. Ueber die verschiedenen Reizmittel, sowie über die Wirkung derselben ist Folgendes beachtungswerth.

Mechanische Nerven-Reizung.

1. **Mechanische Reize** wirken dann auf den Nerven, wenn sie mit einer gewissen Schnelligkeit eine Formveränderung der Nerventheilchen hervorrufen (z. B. Schlag, Druck, Quetschung, Zug, Stich, Schnitt). Bei sensiblen Nerven tritt also hierdurch Schmerz, bei motorischen Zuckung im Muskel auf. Haben die Fasern durch den mechanischen Insult eine Continuitätstrennung ihrer leitenden Bestandtheile (Axencylinder) erfahren, so hört hierdurch die Leitung in den Nerven auf; ist die moleculare Anordnung der Nerventheilchen (z. B. durch heftige Erschütterung) nachhaltig gestört, so ist hierdurch die Erregbarkeit der Nerven erloschen.

Wirkt der mechanische Insult ganz allmählich ein, so kann der Nerv leitungsunfähig oder unerregbar werden, ohne dass eine Reizung sich vorher geltend machte. Hierher gehören z. B. die Lähmungen im Bereiche des Armgeflechtes bei fortgesetztem Krückendruck, Lähmung des N. recurrens durch Aneurysmen.

Nervendehnung.

Die Nervendehnung gehört zu den mechanischen Eingriffen am Nerven, die in neuerer Zeit auch zu Heilzwecken in Anwendung gezogen ist (Billroth, Nussbaum, Vogt). Wird der blossgelegte Nerv gedehnt, so wirkt von einer gewissen Zugstärke an die Dehnung als ein Reiz. Nach schwacher Dehnung ist die Reflex-Erregbarkeit zunächst gesteigert (Schleich). Stärkere Dehnung ruft zeitweise Abnahme der Reizbarkeit, sowie der Reflex-Erregbarkeit, selbst vorübergehende Lähmung hervor (Valentin). Die höchsten Dehnungsgrade haben schliesslich dauernde Lähmung und sogar Zerreissungen der Nervenfäden zur Folge. Wie es scheint, werden die centripetalleitenden Fasern (des N. ischiadicus) früher leistungsunfähig als die centrifugalleitenden (Conrad). Bei der Dehnung selber wird entweder in den Nervenröhren, oder in dem Endapparat eine mechanische Veränderung hervorgerufen, welche die Alteration der Erregbarkeit bedingt: auf das Centralorgan jedoch pflanzt sich die dehnende Wirkung nicht fort (Vogt). — Wenn daher im Körper ein Nerv sich im Zustande excessiver Reizbarkeit befindet, zumal also bei Neuralgien, wenn diese beruhen auf einer entzündlichen Fixation oder Beengung des Nerven an einer Stelle seines Verlaufes, so kann die Nervendehnung theils durch Herabsetzung seiner Reizbarkeit, theils durch Lockerung der entzündlichen Adhäsionen wirksam sein. — Wenn ferner durch Reizung eines centripetalen Nerven epileptische oder tetanische Krämpfe ausgelöst werden, kann die Nervendehnung durch Herabsetzung der Erregbarkeit an der Peripherie (neben der besagten Wirkung) erfolgreich sein.

Zu physiologischen Zwecken wird zur mechanischen Nervenreizung R. Heidenhain's Tetanomotor verwendet: ein schwingendes Elfenbeinhämmerchen, in der Verlängerung des Neef'schen Hammers (am Inductionsapparate) angebracht, welches durch schnell hinter einander folgende Schläge auf den darunter gelegten Nerv einen Tetanus bis zu zwei Minuten Dauer erzielt.

Heidenhain's Tetanomotor.

2. Thermische Reize. Erwärmung des (Frosch-) Nerven bis zu 45° C. erhöht zuerst die Erregbarkeit desselben, dann sinkt sie. Je höher die Temperatur war, um so grösser, aber auch um so kürzer ist die Erregbarkeit (Afanasieff). Plötzliche Abkühlung des Nerven von — 5° C. an wirkt als Reiz zuckungserregend, ebenso plötzliche Erwärmung von 54° C. an. Bei noch höheren Wärmegraden tritt mitunter statt der Zuckung ein andauernder Tetanus ein. Alle so erregenden Wärmeschwankungen tödten, anhaltend, sehr schnell den Nerven. Ueber 75° C. gesteigerte Wärme vernichtet die Erregbarkeit ohne voraufgegangene Zuckung unter Zerkrümelung des Markes (Eckhard). Bis zu 50° kürzere Zeit erwärmt vermag der Froschnerv durch Abkühlung seine Erregbarkeit wieder zu gewinnen (Rosenthal). — Der abgekühlte Nerv erhält längere Zeit die Reizbarkeit; dieselbe ist im motorischen Nerven zwar erhöht, aber die Zuckungen sind niedriger und gedehnter, und die Leitung im Nerven dauert länger. Unter den Nerven des Säugethieres werden nur die centripetalen und die Erweiterer der Hautgefässe durch 45—50° C. gereizt, die übrigen werden nur in ihrer Erregbarkeit verändert. Abkühlung auf + 5° C. setzt die Erregbarkeit aller Fasern herab (Grützner).

Thermische Reize.

Wird der gesammte Körper einer plötzlich veränderten Temperatur ausgesetzt, so zeigt sich eine hervorragende Wirkung auf die Hautthätigkeit (pag. 398), den Herzschlag und die Athemzüge (pag. 400), welche durch Vermittelung der Nerven zu Stande kommt.

Ausgedehntere Wirkung.

3. Chemische Reize — (man vergleiche hier die chemischen Muskelreize; pag. 550, 2) — wirken dann reizend auf den Nerven, wenn sie seine Constitution mit einer gewissen Schnelligkeit verändern. Bei Einwirkung der meisten dieser Reize wird die Erregbarkeit des Nerven zuerst erhöht, dann folgt Abnahme bis Vernichtung derselben. — Es gehören zu den Reizen: a) Schnelle Wasserentziehung entweder durch trockene Luft, Fliesspapiereinhüllung, Verweilen über Schwefelsäure, oder durch Wasser entziehende Flüssigkeiten wie concentrirte Lösungen von neutralen Alkalisalzen (Kochsalz soll beim Säugethier nur die motorischen Nerven reizen; Grützner), Zucker, Harnstoff, ferner Glycerin (und ? einige Metallsalzlösungen). Nachheriger Wasserzusatz beseitigt mitunter die Zuckungen und Krämpfe wieder, und der Nerv kann reizbar bleiben. Die Wasserentziehung erhöht anfangs die Erregbarkeit, dann folgt Abnahme derselben. Wasserimbibition schwächt die Erregbarkeit der Nerven. — b) Freie Alkalien, die Mineralsäuren, viele organische Säuren (Essig-, Oxal-, Wein-, Milch-Säure), die meisten schweren Metallsalze. — c) Verschiedene Substanzen, wie Alkohol, Aether, Kreosot, Galle. —

Chemische Reize.

Meist erregen diese Stoffe sämmtlich tetanische Zuckungen, nach welchen der Nerv schnell erstirbt. — Ammoniak und einige Metallsalzlösungen tödten den Nerv, ohne ihn zu reizen (also ohne Zuckungen im Froschpräparate zu erregen); ebenso wirkt die Carbolsäure (die bei directer Application auf das Rückenmark Krämpfe erzeugt). Diese Substanzen wirken direct reizend auf den Muskel. Gerbsäure wirkt weder auf den Nerven, noch auf den Muskel reizend. — Im Allgemeinen müssen die reizenden Substanzen in concentrirterer Lösung auf die Nerven, als auf die Muskeln gebracht werden, damit Zuckungen entstehen.

Der physiologische Normalreiz.

4. **Der physiologische** im intacten Körper wirksame Nervenreiz ist seiner Natur nach unbekannt. Er geht entweder „centrifugal" von dem centralen Nervensystem aus (als Antrieb zur Bewegung, zur Hemmung von Bewegungen oder zur Secretion), oder „centripetal" von den specifischen Endausbreitungen der Sinnesnerven und der Gefühlsnerven. Die letztgenannten Erregungen werden den Centralorganen zugeleitet und kommen entweder hier als Empfindungen zur Perception, oder sie erzeugen durch Uebertragung auf die motorische Sphäre wieder centrifugal geleitete Wirkungen, die man „reflectorische" Erregungen nennt.

Elektrische Reize.

5. **Elektrische Reize.** Der elektrische Strom wirkt am stärksten reizend auf den Nerven im Momente seines Eintretens in denselben, sowie im Momente seines Verschwindens; in gleicher Weise wirkt auch stark reizend jede irgendwie schnelle Verstärkung oder Schwächung eines durch den Nerven kreisenden elektrischen Stromes. Lässt man hingegen den Strom ganz allmählich in die Nervenbahn übertreten („einschleichen"), oder ebenso ihn wieder verschwinden, — ferner: lässt man den durch den Nerven kreisenden Strom ganz allmählich anwachsen, oder abnehmen, dann treten die sichtbaren Zeichen der Nervenreizung sehr erheblich zurück. Im Allgemeinen fällt demnach die Reizung am energischsten aus, je schneller die „Stromesschwankung" innerhalb des Nerven erfolgt, d. h. je plötzlicher die Dichtigkeit des den Nerven durchlaufenden Stromes zu- oder abnimmt (Du Bois-Reymond). — Der elektrische Strom ist ferner am wirksamsten, wenn er den Nerven der Länge nach durchfliesst, er ist unwirksam (oder doch weniger wirksam, Tschirjew), wenn man ihn senkrecht auf die Nervenaxe leitet (Galvani). Je grösser ferner die Länge der durchströmten Strecke ist, um so kleiner braucht der elektrische Reiz zu sein (Marcuse). Wird der Nerv schräg durchflossen von einem sehr kurz dauernden Stromstosse (von mässiger Stärke, sowie auch beim Entstehen des elektrischen Stromes), so findet die Reizung stromabwärts dort am Nervenstamme statt, wo der Strom den Nerven verlässt (A. Fick).

Der Muskel ist für den längs- oder querdurchlaufenden elektrischen Strom gleich erregbar.

Verwendet man den constanten Strom als Nervenreiz, so zeigt sich am Empfindungsnerven die reizende Wirkung am stärksten im Momente der Schliessung und der Oeffnung; während

des Geschlossenseins ist nur eine geringe Reizung fühlbar. Auf den Bewegungsnerv applicirt entfaltet der Strom seine grösste Reizwirkung bei der „Schliessungs-" und „Oeffnungs-Zuckung". Aber auch während des Geschlossenseins hört der Reiz nicht völlig auf (Wundt), denn bei einer gewissen mittleren Stärke des Stromes bleibt der Muskel dauernd im Tetanus („Galvanotonus") (Pflüger). [Das analoge Verhalten des Muskels bei directer Application des constanten Stromes an demselben ist bereits pag. 557 besprochen.] Bei Anwendung starker Ströme tritt dieser Tetanus allerdings wieder zurück, aber lediglich deshalb, weil sich unter dem Einflusse des Stromes im Nerven durch Verminderung seiner Reizbarkeit Widerstände entwickeln, die den Reiz nicht bis zum Muskel hin vordringen lassen. Nach Hermann bewirken absteigende Ströme leichter diesen Tetanus, wenn entfernt vom Muskel die Kette geschlossen am Nerven liegt; aufsteigende leichter in der Nähe des Muskels.

Tetanus bei Nervenreizung.

Wenn die den Nerven treffenden einzelnen kurzen Stromstösse schnell hinter einander erfolgen, so verfällt der zugehörige Muskel in Tetanus.

Specifische Erregbarkeit gegen elektrische Reize.

Der motorische Nerv besitzt eine grössere specifische Erregbarkeit auf elektrische Reize, als die Muskelsubstanz. Man erkennt dies daran, dass Zuckung erfolgt bei schwächerer Reizung wenn der Nerv, als wenn der curarisirte Muskel gereizt wird (Rosenthal). Soltmann fand die Erregbarkeit der motorischen Nerven der Neugeborenen für elektrische Reize geringer, als beim Erwachsenen.

Verschiedene Reizbarkeit an verschiedenen Nervenstellen.

Es verdient noch die merkwürdige Thatsache Erwähnung, dass bei Reizung des motorischen Nerven der Reizeffect (Zuckung) unter Umständen um so grösser ausfällt, je näher die Reizstelle dem Centralorgan liegt. Pflüger erklärt diese Erscheinung dadurch, dass der Reiz bei seiner Fortpflanzung bis zum Muskel hin „lawinenartig anschwillt". Nach Fleischl sind jedoch für chemische Reize die Nerven an allen Stellen ihres Verlaufes gleich reizbar. Für die elektrischen Reize sind sie ferner an höher gelegenen Stellen nur dann empfindlicher, wenn die reizenden Ströme eine absteigende Richtung haben; das Umgekehrte soll der Fall sein, wenn die Stromrichtung aufsteigend ist (Hermann, Fleischl).

Verschiedene Erregbarkeit der Fasern desselben Nerven.

Die Nervenfasern von gleicher Function haben in demselben Stamme nicht stets den gleichen Grad der Reizbarkeit. So bewirkt z. B. schwache Reizung des Froschischiadicus nur Zuckung der Beuger, erst stärkere auch die der Strecker (Ritter 1805; Rollett). Die Nerven der Beuger sollen nach Ritter auch eher absterben.

Elektrische Reize für den Muskel.

Auf den Muskel wirken die elektrischen Reize ganz ähnlich wie auf den Nerven. Nur ist Folgendes beachtungswerth: Sehr kurzdauernde elektrische Ströme sind auf den durch Curare entnervten Muskel wirkungslos (Brücke), ebenso auf den durch hochgradige Ermüdung, Absterben oder krankhafte Lähmungszustände sehr geschwächten Muskel. (Siehe Anwendung der Elektricität zu Heilzwecken.)

327. Sinken der Erregbarkeit; — Nerventod.

Bedeutung der normalen Ernährung.

1. Das Fortbestehen der normalen Erregbarkeit im Nerven hängt im intacten Körper zunächst von den normalen Ernährungsvorgängen im Nerven ab. In dieser Beziehung ist ganz besonders zu betonen, dass ungenügende Ernährung zuerst eine Steigerung der Erregbarkeit nach sich zu ziehen pflegt. Erst bei vorgeschrittenerer Störung nimmt die Erregbarkeit ab.

Nervosität als Zeichen gesunkener Nerven-Energie.

Es möge dem Arzte stets vorschweben, dass, wo er unter dem Einflusse schlechter oder gestörter Ernährung die Zeichen erhöhter Reizbarkeit der Nerven findet, die sich in äusserst vielgestaltigen Formen (allgemeine Nervosität, reizbare Schwäche) kundgeben können, es sich um die Anfangsstadien sinkender Nervenenergie handelt. Hier bedarf es also der Aufhilfe der Ernährung durch roborirende Mittel. Nur der Unkundige würde, verleitet durch die Zeichen der gesteigerten Erregung des Nervensystemes, zu schwächenden oder deprimirenden Eingriffen sich wenden.

Uebermässige Erregung.

2. Andauernde übermässige Erregung des Nerven ohne entsprechende, der Erholung gewidmete, Ruhepausen bringen zunächst Ermüdung des Nerven und weiterhin Abnahme der Erregbarkeit durch Erschöpfung des Nerven hervor. Im Vergleich mit dem Muskel ermüdet der Nerv langsamer als jener (Bernstein).

Erholung.

Die Erholung des Nerven vollzieht sich anfangs langsam, dann verläuft sie schneller, schliesslich wieder langsamer. Tritt nach sehr langer intensiver Reizung in der ersten halben Stunde (beim Frosch) keine Erholung ein, so erholt sich der Nerv überhaupt nicht mehr (Bernstein).

Andauernde Unthätigkeit.

3. Andauernde Unthätigkeit vermindert die Erregbarkeit bis zur völligen Vernichtung; — schliesslich kommt es sogar zur fettigen Entartung.

Das charakteristischste Beispiel liefern hierfür die centralen Enden durchschnittener Gefühlsnerven, an denen, trotzdem sie mit dem Centrum in Verbindung geblieben sind, die Degeneration deshalb erfolgt, weil dieselben nicht mehr in Verbindung stehen mit dem normalen peripherischen Endorgan der Erregung.

Trennung von den centralen Ganglienzellen.

4. Ist ein Nerv innerhalb des sonst normalen Körpers von seinem Centralorgan getrennt (etwa durch Schnitt, oder Quetschung), so verliert er in kurzer Zeit seine Erregbarkeit und das periphere Ende verfällt der fettigen Entartung, die bei Warmblütern nach 4—6 Tagen beginnt, bei Kaltblütern nach längerer Zeit (Joh. Müller).

Vorgang der fettigen Entartung.

Der Vorgang der fettigen Entartung beginnt zuerst mit einer Gerinnung und Zerklüftung der Markhülle (ähnlich wie nach dem Tode im mikroskopischen Präparate); später zerbröckelt und zerfällt auch der Axencylinder. Ist dies geschehen, so entwickeln sich in den zerklüfteten Massen zahllose Fettkörnchen (vgl. pg. 444. 4), so dass die Röhren ganz davon erfüllt erscheinen.

Nach Ranvier ist es eine Schwellung und Vermehrung der Neurilemmakerne und ihrer Protoplasmahülle, welche zuerst die Markhülle und den Axencylinder zertrümmern und dann so erheblich sich entwickeln, dass das ganze periphere Nervenende (unter gleichzeitiger Resorption der inzwischen gebildeten

Fettkörnchen) einem bindegewebigen Strange ähnlich sieht. Nach Tizzoni und Korybutt-Dasziewicz wirken bei der Zerstörung zugleich auch Wanderzellen mit, welche an dem Schnitt und an den Schnürringen in die Faser eindringen und Myelin in sich aufnehmen. Im centralen Nervenende bleibt der Axencylinder erhalten, wenn auch partieller Markzerfall und Kernvermehrung auftritt. — Kommt es zu einer Regeneration (nachdem event. die Enden des durchschnittenen Nerven zusammengewachsen sind, — wozu beim Menschen die „Nervennaht" in Anwendung gezogen werden kann), so wachsen vom centralen Stumpfe her die verlängerten Protoplasma-umhüllten Kerne zu spindelförmigen Zellen nach der Peripherie hin in continuirliche Reihen zusammen. In der verschmolzenen Zellenreihe entwickelt sich (wie bei der embryonalen Entwickelung) sodann der centralen Axe entsprechend der Axencylinder, der weiterhin von Mark umgeben wird (Ranvier, Benecke).

Restitution des Nerven.

Doch sollen nach Korybutt-Dasziewicz einzelne Stücke des alten zertrümmerten Axencylinders zum Aufbau des neuen dadurch verwendet werden, dass sie aneinander wachsen. (Marklose Fasern degeneriren mitunter gar nicht nach der Durchschneidung, die schmalen markhaltigen verlieren gewöhnlich nur das Mark, die breiten nur selten).

Da die fettige Entartung das periphere Nervenende befällt, so hat man in der Beobachtung dieses Vorganges an durchschnittenen Nerven ein Mittel, den centralen Ursprung von Nerven in verwickelten Nervenanordnungen festzustellen (Waller, Budge).

Die Durchschneidung motorischer Nerven hat, falls keine Restitution erfolgt, auch die fettige Entartung der zugehörigen Muskeln zur Folge.

Fettige Entartung der Muskeln.

5. Unter dem Einfluss einiger Gifte, zumal des Veratrins, wird zuerst die Erregbarkeit der Nerven gesteigert, dann herabgesetzt bis vernichtet, (wie man aus der Grösse der Zuckungen der zu den motorischen Nerven gehörigen Muskeln ersehen kann; vgl. pg. 558). Bei anderen Giften tritt jedoch die Vernichtung der Erregbarkeit sehr schnell hervor, wie z. B. durch das Curare. Demselben wirken analog Coniin, Kynoglossum, Jodmethylstrychnin, Jodäthylstrychnin.

Wirkung der Gifte auf die Erregbarkeit.

6. Unter dem Einflusse verschiedener Eingriffe, z. B. der Quetschung der Nervenröhren, hat man die merkwürdige Beobachtung gemacht, dass Willensimpulse oder reizende Einwirkungen, welche oberhalb der comprimirten Stelle angebracht waren, durch den Nerven (zuckungserregend zum Muskel) hingeleitet wurden, während die Erregbarkeit für Reize unterhalb der Druckstelle äusserst vermindert war (Schiff). Doch sah Erb für mechanische Reize diese Unterschiede nicht bestehen. — In analoger Weise findet man, dass Nerven von mit CO_2, Curare oder Coniin vergifteten Thieren, mitunter auch die Nerven gelähmter Körpertheile des Menschen, für directe Reize nicht mehr empfänglich sind, während sie allerdings noch die von den Centraltheilen zugeführten Erregungen weiterleiten (Erb, Grünhagen).

Erregbarkeits-Veränderung gegen verschieden Reize.

7. Ist ein Nerv von seiner Verbindung mit seinem Centrum mechanisch (etwa durch Schnitt) getrennt, oder ist das Centrum abgestorben, so geht der Nerv von seinem centralen Ende gegen die Peripherie hin zuerst in einen Zustand erhöhter Erregbarkeit über; dann sinkt letztere bis zum völligen Erlöschen. Dieser Process geht ferner schneller vor

Ritter-Valli'sches Gesetz.

sich innerhalb der dem Centrum näheren Nervenstrecken, als in den entfernteren. Die bezeichnete Erscheinung wird das Ritter-Valli'sche Gesetz genannt.

Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Absterben.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reize im Nerven ist in dem Stadium der gesteigerten Erregbarkeit vergrössert, in dem der gesunkenen jedoch verkleinert. In diesem letzteren Stadium muss ferner auch bei elektrischer Reizung der Strom länger dauern, damit er wirksam sein kann; (daher sind meist die sehr schnell erfolgenden Stösse des inducirten Stromes wirkungslos). — Auch das Zuckungsgesetz erleidet in den verschiedenen Stadien der Erregbarkeitsveränderung während des Absterbens eine Modification (siehe unten).

Ausgezeichnet erregbare Punkte.

8. Schliesslich soll noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass manche Nerven an gewissen Punkten eine grössere Reizbarkeit besitzen und dieselbe auch länger dort bewahren. Ein solcher Punkt liegt z. B. am oberen Drittel des Froschischiadicus, wo ein Ast von ihm abgeht (Budge, Heidenhain).

Inwieweit mechanische und chemische Reize die Erregbarkeit des Nerven verändern und sogar vernichten können, ist bereits bei den Nervenreizen (pg. 622) besprochen.

Tod des Nerven.

Der todte Nerv hat seine Erregbarkeit völlig eingebüsst: der Tod selbst schreitet dem Ritter-Valli'schen Gesetze entsprechend von den Centralorganen des Nervensystemes in die peripherischen Bahnen hinein allmählich fort. — Saure Reaction (welche der todte Muskel zeigt) konnte am todten Nerven (nicht von allen Forschern) nachgewiesen werden (Vgl. pg. 621).

Elektrophysiologie.

Der Physiologie der elektrischen Erscheinungen schicken wir in gedrängter Uebersicht die nothwendigen physikalischen Vorbemerkungen voraus, ohne welche dem Leser das Verständniss verschlossen bleibt. Wir haben es vorgezogen, diese Darstellung im Zusammenhang vorzutragen und an den betreffenden Stellen die zu elektro-physiologischen und therapeutischen Zwecken ersonnenen Apparate und Methoden einzuflechten. Wir rathen jedem Lernenden sich vorher gründlich mit den physikalischen Vorkenntnissen bekannt zu machen.

328. Physikalische Vorbemerke. — Der galvanische Strom.

Elektromotorische Kraft.

1. Bringt man zwei der unten benannten differenten Körper mit einander in directe Berührung, so wird an dem einen derselben positive, an dem andern negative Elektricität wahrgenommen. Die Ursache dieser Erscheinung ist die elektromotorische Kraft, welche bewirkt, dass auf den einen Körper die positive, auf den anderen die negative Elektricität übergeht. Man unterscheidet unter den Körpern zunächst die Erreger (Elektromotoren) der ersten Classe. Diese lassen sich in eine solche Reihe (Spannungsreihe) anordnen, dass bei der Berührung des erstbenannten mit einem der folgenden der erste Körper negativ, der letzte positiv elektrisch wird. Diese Spannungsreihe ist: — Braunstein, Kohle, Platin, Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Zinn, Blei, Zink +.

Erreger der 1. Classe.

Spannungsreihe.

Die Grösse der bei der Berührung je zweier dieser Körper entstehenden elektrischen Erregung ist um so bedeutender, je weiter die Körper in der

Spannungsreihe von einander entfernt stehen. Die Berührung der Körper selbst kann ohne Unterschied entweder an einer oder an mehreren Stellen stattfinden. Werden mehrere von den Körpern der Spannungsreihe auf einander geschichtet, so ist die hierdurch erzeugte elektrische Spannung gerade so gross, als wären (mit Weglassung der Zwischenglieder) nur die Endglieder allein in Berührung gewesen.

2. Zuverlässiger unterrichtet man sich über das Verhalten der beiden Elektricitäten, wenn man einen der Körper der Spannungsreihe mit einer Flüssigkeit in Verbindung setzt. Taucht man z. B. Zink in reines oder angesäuertes Wasser, so wird Zink +, Wasser — elektrisch. Nimmt man statt des Zinks Kupfer, so wird dieses — elektrisch, die Flüssigkeit aber + elektrisch. Die Erfahrung hat gelehrt, dass diejenigen Metalle in Verbindung mit einer Flüssigkeit am stärksten negativ elektrisch werden, welche von der Flüssigkeit am intensivsten chemisch angegriffen werden. Einer jeden Combination kommt aber eine ganz constante Spannungsdifferenz zu. Die Dichtigkeit der an den beiden Körpern ausgeschiedenen Elektricitätsmengen ist von den Grössen der sich berührenden Flächen abhängig. Man nennt die Flüssigkeiten, wie die Lösungen von Säuren, Alkalien oder Salzen, die Elektricitätserreger der zweiten Classe. Sie bilden keine bestimmte Spannungsreihe unter einander. Eingetaucht in die meisten dieser Flüssigkeiten zeigen sich die nach der + Seite der Spannungsreihe hin liegenden Metalle, namentlich das Zink, am stärksten negativ elektrisch, weniger diejenigen, welche gegen die — Seite der Spannungsreihe hin liegen.

Erreger der 2. Classe.

3. Taucht man in eine Flüssigkeit zwei verschiedene Erreger der ersten Classe (ohne dass sie sich direct berühren), z. B. Zink und Kupfer, so zeigt sich am hervorragenden Ende des (positiven) Zinkes freie negative Elektricität, hingegen an dem freien Ende des (negativen) Kupfers freie positive Elektricität. Eine so beschaffene Verbindung zweier Elektromotoren der ersten Classe mit einem Elektromotor der zweiten Classe wird galvanische Kette genannt. So lange die beiden Metalle getrennt in der Flüssigkeit sich befinden, heisst die Kette eine offene, sobald jedoch die frei hervorragenden Enden etwa durch einen Drahtbügel mit einander verbunden werden, ist die Kette geschlossen, und es entsteht ein galvanischer Strom. Es fliessen alsdann beide Elektricitäten zur Ausgleichung gegenseitig in einander über, während jedoch in demselben Masse, in welchem die Spannungen sich ausgleichen, fort und fort neue Elektricitäten in der Kette erzeugt werden.

Galvanische Kette.

Der galvanische Strom.

Der galvanische Strom findet auf dem Wege seiner Ausgleichsströmung Widerstände vor, welche man „Leitungswiderstand“ (W) genannt hat. Dieser ist 1. der Länge (l) der Leitung direct proportional; — 2 bei gleicher Länge der Leitung dem Querschnitte derselben (q) umgekehrt proportional, — und 3. ist er von den molecularen Eigenschaften des Materiales abhängig (specifischer Leitungswiderstand = s).

Leitungswiderstand.

Also ist der Leitungswiderstand $W = \frac{s \cdot l}{q}$

[Der Leitungswiderstand nimmt bei Metallen mit Zunahme der Temperatur zu, bei Flüssigkeiten ab.]

Die Stärke des galvanischen Stromes (S) [oder die Quantität der Elektricität, welche die geschlossene Kette durchströmt], ist nun der elektromotorischen Kraft (E) [oder der elektrischen Spannung] proportional, jedoch dem gesammten Leitungswiderstande (L) umgekehrt proportional.

Ohm'sches Gesetz.

Also $S = \frac{E}{L}$ (Ohm'sches Gesetz; 1827).

Der gesammte Leitungswiderstand in der geschlossenen Kette setzt sich aber nun zusammen 1. aus dem Widerstande im Schliessungsbogen („ausserordentlicher Widerstand“) und 2. aus dem Widerstande innerhalb der Säule selbst („wesentlicher Widerstand“). Der specifische Leitungswiderstand der verschiedenen Substanzen ist nun ein sehr verschiedener: bei den Metallen ist er relativ klein (z. B. für Kupfer = 1, Eisen = 6,4, Neusilber = 12), bei Flüssigkeiten jedoch sehr gross (z. B. für concentrirte Kochsalzlösung 6515000, für concentrirte

Kupfersulphatlösung = 10963600); bei dem thierischen Gewebe ist er ebenfalls sehr gross meist gegen millionenmal grösser, als bei den Metallen.

Der Leitungswiderstand der Nerven soll $^1/_1$ —$^1/_{17}$ desjenigen des destillirten Wassers sein (Harless), der der Muskeln nur halb so gross, als der der Nerven. Doch soll nach Ranke lebender Muskel ein zweimal kleineres Leitungsvermögen besitzen, als ausgeschnittener; und der lebende Nerv soll sogar der beste Leiter der Elektricität unter den Geweben sein (M. Benedict).

Aus dem Ohm'schen Gesetze lassen sich nun zwei für die Elektrophysiologie wichtige Gesetze ableiten, nämlich: I. Findet sich in der Kette ein sehr grosser Widerstand im Schliessungsbogen (wie es also der Fall ist, wenn ein Nerv oder Muskel in den Schliessungsbogen eingeschaltet ist), so lässt sich die Stromstärke nur vergrössern durch Vermehrung der Zahl der elektromotorischen Elemente. — II. Wenn aber der Leitungswiderstand im Schliessungsbogen (im Vergleich zu dem in der Kette) sehr klein ist, so kann nicht durch Vermehrung der Zahl der Elemente eine Vergrösserung der Stromstärke entstehen, sondern nur durch Vergrösserung der Oberflächen der Platten im Elemente.

Fig. 130.

Schema des Rheochords von Du Bois-Reymond.

Maass des Leitungswiderstandes.

Um den Leitungswiderstand nach einem einheitlichen Masse zu messen, hat Siemens vorgeschlagen, die Grösse des Widerstandes als Einheit zu nehmen, welche ein 1 Meter langer und 1 □Mm. im Durchmesser haltender (in einer Glasröhre eingeschlossener) Quecksilberfaden bei 0° C. bietet (Siemens' „Quecksilbereinheit").

Dichtigkeit des galvanischen Stromes.

Von der Stromstärke ist besonders noch die Stromdichtigkeit zu unterscheiden. Da durch einen beliebigen Querschnitt der Strombahn stets die gleiche Menge von Elektricität hindurch fliesst, so muss offenbar, wenn die Grösse des Querschnittes in der Leitung variirt, die Elektricität dichter sein an den verengten Stellen; sie muss weniger dicht an den grösseren Querschnitten sein. [Bezeichnet S die Stromstärke und q den Querschnitt der betreffenden Stelle, so ist die Dichtigkeit (d) an dieser letzteren: $d = S : q$.]

Theilung des galvanischen Stromes.

Theilt man den Schliessungsbogen der galvanischen Kette von dem einen Pole aus in zwei (oder mehrere) Leitungen, die sich nach dem anderen Pole hin wieder vereinigen, so ist zunächst die Summe der Stromstärken gleich der Stärke des ungetheilten Stromes. Sind ferner die verschiedenen Leitungen verschieden (nach Länge, Querschnitt und Material), so verhalten sich die durch die Leitungen gehenden Stromstärken umgekehrt wie die Leitungswiderstände.

Das Rheochord von Du Bois-Reymond.

Nach diesem Principe (der „Nebenschliessung") ist das Du Bois-Reymond'sche Rheochord verfertigt, welches gestattet, von einem galvanischen Strome einen nach seiner Stärke beliebig abgestuften Stromzweig zur Erregung von Nerv oder Muskel abzuleiten.

Von den beiden Polen (Fig. 130 a b) einer constanten Kette gehen je zwei

Leitungen ab, von denen die eine (ac und bd) zu den Nerven des Froschpräparates (F) hinführt. Die eingeschaltete Nervenstrecke (c d) setzt diesem Stromzweige (a c d b) einen sehr grossen Widerstand entgegen. Der zweite von a und b abgeleitete Stromzweig (a A, b B) läuft durch eine dicke Messingleiste (A B), welche aus 7 neben einander liegenden Stücken (1—7) zusammengefügt ist, welche (mit Ausnahme zwischen 1 und 2) durch die in die Zwischenlücken eingesteckten Messingstöpsel (S_1 bis S_5) zu einer ununterbrochenen Leitung vereinigt sind. Es ist sofort klar, dass bei dieser Einrichtung, wie die Fig. 130 sie zeigt, durch die Nervenstrecke (c d) (die sehr grossen Leitungswiderstand bietet) nur ein minimaler Stromzweig hindurchgeht, während durch die sehr gut leitende Bahn der Messingklötze (A L B) weitaus der grösste Theil des galvanischen Stromes hindurchzieht. Füge ich in diese letztere Bahn grössere Widerstände ein, so muss natürlich der Stromzweig a c d b sich entsprechend verstärken. Diese Widerstände können durch mit I a, I b, I c, II, V, X bezeichnete Strecken dünnen Drahtes eingeschaltet werden. Denken wir uns zunächst sämmtliche Messingstöpsel (S_1 bis S_5) herausgezogen, so muss der bei A eintretende Stromzweig durch das ganze System der dünnen Drähte laufen. Dadurch ist ihm ein bedeutender Widerstand gesetzt, um welchen der Stromzweig im Nerven zunehmen muss. Wird nur einer der Stöpsel ausgezogen, so geht der Strom nur durch die entsprechende Drahtlänge. Die durch die verschiedenen Drahtstrecken (I a—X) gegebenen Widerstände verhalten sich so, dass Ia, Ib und Ic je eine Einheit des Leitungswiderstandes darstellen, II den doppelten, V den fünffachen und X den zehnfachen Widerstand beträgt. Die Strecke I a kann endlich noch durch die aufwärts schiebbare Brücke (L) gekürzt werden, wobei der Massstab (x y) die Länge der Widerstandsstrecke angibt. Man erkennt leicht, dass je nach der Art der Anwendung der Stöpsel und der Brücke das Werkzeug eine vielfältige Abstufung des durch den Nerven zu sendenden Stromzweiges zulässt. Ist die Brücke L dicht an 1.2 hinaufgeschoben, so geht der Strom direct von A nach B, und nicht durch dünne Drahtstrecken.

Rheostate. Andere Werkzeuge, die bestimmt sind, in den Schliessungsbogen einer Kette eingeschaltet zu werden, um den Leitungswiderstand beliebig vergrössern zu können, werden Rheostate genannt.

329. Wirkung des galvanischen Stromes auf die Magnetnadel. — Der Multiplicator.

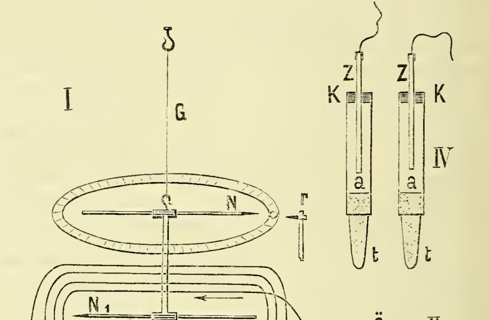
Ablenkung der Magnetnadel durch den galvanischen Strom. Leitet man einen galvanischen Strom (etwa durch einen Draht hindurch) der Länge nach an einer Magnetnadel vorbei, so wird dieselbe aus ihrer nach Norden hin weisenden Richtung abgelenkt (Oerstedt 1820). Denkt man sich in dem positiven Strome schwimmend, den Kopf voran und die Bauchfläche der Nadel zugewendet, so wird stets der Nordpol der Magnetnadel nach linkshin abgelenkt (Ampère'sche Regel). *Ampère's Regel.* Der Ablenkungsdruck, welchen der galvanische Strom auf die Nadel ausübt, wirkt stets senkrecht gegen die sogenannte elektromagnetische Wirkungsebene. Letztere ist diejenige Ebene, welche durch den Nordpol der Nadel und zwei Punkte des (in gerader Richtung an demselben vorbeilaufenden) Leitungsdrahtes gelegt werden kann. [Verläuft z. B. der Leitungsdraht gerade oberhalb und der Länge nach über der Magnetnadel (deren Schwingungsebene die horizontale Fläche bildet), so ist demnach die elektromagnetische Wirkungsebene senkrecht auf die Horizontalebene gerichtet und der Länge nach durch den Nordpol der Nadel und den Leitungsdraht gelegt.] *Maass der ablenkenden Kraft.* Die Kraft des galvanischen Stromes, welche die Ablenkung der Magnetnadel bewirkt, ist proportional dem Sinus des Winkels zwischen der elektromagnetischen Wirkungsebene und der Schwingungsebene der Nadel.

Multiplicator. Diese ablenkende Kraft des galvanischen Stromes kann verstärkt werden, wenn man den stromleitenden Draht statt einmal, vielmal in derselben Richtung an der Magnetnadel vorbeiführt. Ein nach diesem Principe

Wirkung der Windungen: construirtes Werkzeug wird Multiplicator genannt. Durchweg verläuft in diesen der Leitungsdraht in vielen, senkrecht zur Horizontalen stehenden Windungen, um die in der Mitte hängende, horizontal schwingende Magnetnadel. Je grösser die Anzahl der Windungen ist, um so grösser wird der Ablenkungswinkel der Nadel (allerdings nicht genau direct proportional, da ja die einzelnen Windungen in verschiedener Entfernung und auch in anderer Lage zur Nadel sich befinden). Der Multiplicator ist somit ein Werkzeug, durch welches wir schwache Ströme leicht zur Wahrnehmung bringen können.

Die Erfahrung hat nun weiterhin gelehrt, dass, wenn der zu untersuchende schwache galvanische Strom in der geschlossenen Kette einen sehr grossen Widerstand hat (wie es bei stromführenden thierischen Geweben der Fall ist), dass dann sehr viele Windungen eines dünnen Drahtes um die Nadel herum zu leiten sind. Ist jedoch der Leitungs-Widerstand in der Kette nur gering [wie es z. B. der Fall ist bei Anwendung der thermoelektrischen Vorrichtung (vgl. pag. 382 B)], so werden nur wenige Windungen eines dicken Leitungsdrahtes um die Magnetnadel herumgeführt.

Fig. 131.



I Schema des Multiplicators zur Untersuchung eines Muskelstromes hergerichtet. — $N N_1$ astatisches Nadelpaar durch den Coconfaden *G* aufgehängt. *P P* die Zuleitungsgefässe mit dem Muskel *M*. — *II* und *III* andere Anordnung des Muskels. — *IV* Unpolarisirbare Elektroden.

Aufhebung der Wirkung des Erdmagentismus Um den Multiplicator noch in einer anderen Weise empfindlicher zu machen, kann man die magnetische Directionskraft der Nadel, durch welche sich dieselbe nach Norden einzustellen strebt, schwächen. [Inwieweit dies an dem zur Untersuchung schwacher Ströme dienenden Thermoelektro-Galvanometer erreicht ist, wurde bei der Beschreibung der Beobachtung schwacher Thermoströme (pag. 382 B. bis 385) beschrieben und abgebildet. Es sei hier noch besonders erwähnt, dass zur Demonstration der elektrischen Ströme in thierischen Geweben eine aus sehr zahlreichen Windungen dünnen Drahtes bestehende Rolle an dem Instrumente anzubringen ist.]

Der Multiplicator mit dem astatischen Nadelpaar. In dem zu physiologischen Zwecken verwendeten Multiplicator von Schweigger hat man das Bestreben der Nadel, sich nach Norden einzustellen, wesentlich geschwächt durch Anwendung des astatischen Nadelpaares nach Nobili. Zwei gleiche Magnetnadeln werden durch ein festes Mittelstück von Horn parallel über einander fixirt, jedoch so, dass ihre Nordpole nach entgegengesetzter Seite hingewendet sind. Da es unmöglich ist, den beiden Nadeln eine absolut gleiche magnetische Stärke mitzutheilen, so ist stets eine der Nadeln um etwas stärker, als die andere. Diese überwiegende Stärke darf jedoch nicht so gross sein, dass die stärkere Nadel sich nach Norden einstellt, sondern sie darf nur so weit reichen, dass sich das frei aufgehängte Nadelpaar unter einem gewissen Winkel gegen den magnetischen Meridian einstellt, in welche Stellung dasselbe auch stets wiederum, wenn es aus dieser Lage abgelenkt worden war, zurückkehrt unter Ausführung einer ganzen Anzahl stets kleiner werdenden

Schwingungen. Diese Winkelstellung des astatischen Nadelpaares gegen den magnetischen Meridian nennt man die „freiwillige Ablenkung“. Je grösser der erreichte Grad der Astasie ist, um so mehr ist der Winkel, den die Richtung der freiwilligen Ablenkung mit dem magnetischen Meridian bildet, einem Rechten gleich. Je grösser ferner die Astasie ist, um so weniger Schwingungen wird das Nadelpaar (in einer gewissen Zeit) machen, wenn es sich (nach geschehener Ablenkung) wieder einzustellen sucht. Die Dauer jeder einzelnen Schwingung ist also alsdann sehr gross.

Die Aufstellung des Multiplicators geschieht so, dass die Richtung der Nadeln die gleiche sein muss mit der der Drahtwindungen. Die obere Nadel schwingt über einem in Grade getheilten Zifferplatte, an welchem man die Grösse des Ausschlages der Nadel ablesen kann. Selbst dem reinsten Kupferdrahte der Windungen ist stets noch etwas Eisen beigemischt, welches auf die Magnetnadeln eine Anziehung ausübt. [Es ist daher noch an dem Multiplicator ein kleiner gegen den einen Pol der oberen Nadel gerichteter feststehender Magnetstift, „der Berichtigungsstab oder Compensationsmagnet“ (r) genannt, angebracht, welcher dem astatischen Paar wiederum so viel von seiner Kraft nimmt, dass die anziehenden Kräfte in den Drahtwindungen (wegen ihres Eisengehaltes) der Kraft des Erdmagnetismus gegenüber unwirksam werden.]

330. Elektrolyse. — Uebergangswiderstand. — Galvanische Polarisation. — Constante Ketten und unpolarisirbare Elektroden. — Innere Polarisation feuchter Leiter. — Kataphorische Wirkung des galvanischen Stromes. — Secundärer Widerstand.

Elektrolyse.

Jeder galvanische Strom, der durch einen flüssigen Leiter geführt wird, bringt eine Zersetzung in der Flüssigkeit (Elektrolyse) hervor. An den in die Flüssigkeit eintauchenden Polen (den Elektroden, von denen der + Pol als Anode, der — Pol als Kathode bezeichnet wird) werden die Zersetzungsproducte (Jonen genannt) ausgeschieden und zwar an der Anode die sogenannten Anionen, an der Kathode die Kationen.

Uebergangswiderstand.

Lagern sich Zersetzungsproducte an den Elektroden ab, so können diese durch ihre Adhäsion zunächst rein mechanisch die Leitung des elektrischen Fluidums entweder erschweren oder erleichtern. Dies nennt man Uebergangswiderstand. Wird durch diesen der in der Kette bereits vorhandene Leitungswiderstand erhöht, so wird der Uebergangswiderstand positiv genannt, vermindert er jedoch den Leitungswiderstand in der Kette, so heisst er negativer Uebergangswiderstand.

Galvanische Polarisation.

Die an den Elektroden ausgeschiedenen Jonen können aber auch dadurch die Stromkraft verändern, dass zwischen den Anionen und Kationen (als zwischen zwei durch leitende Flüssigkeit verbundenen differenten Körpern) ein neuer galvanischer Strom sich entwickelt. Diese Erscheinung nennt man galvanische Polarisation. So wird z. B. Wasser durch eingetauchte Platinelektroden derartig zersetzt, dass an dem + Pol sich der negative O, an dem — Pol sich der positive H abscheidet. Meist hat dieser so entstehende Polarisationsstrom die entgegengesetzte Richtung des ursprünglichen; man spricht alsdann von negativer Polarisation. In seltenen Fällen hat jedoch der Polarisationsstrom dieselbe Richtung wie der, welcher die Zersetzung herbeiführte, dann ist positive Polarisation vorhanden.

Selbstverständlich kann bei der Elektrolyse auch beides zusammen eintreten, nämlich sowohl Uebergangswiderstand, als auch Polarisation

Nachweis der Polarisation.

Vorhandene Polarisation (die mitunter so gering sein kann, dass man sie mit blossem Auge nicht zu erkennen vermag) erkennt man in folgender Weise. Man schaltet nach einiger Zeit die primäre Stromquelle aus (etwa das Element, mit welchem die Elektroden in Verbindung waren) und setzt die aus der Flüssigkeit hervorstehenden Enden der Elektroden mit einem Multiplicator

in Verbindung, der sofort durch Ablenkung der Nadel selbst geringe Polarisation anzeigt.

Secundäre Zersetzungen durch Polarisation.

Die durch die Elektrolyse ausgeschiedenen Jonen verursachen mitunter im Momente ihrer Entstehung weitere secundäre Zersetzungen. Tauchen z. B. Platinelektroden in Kochsalzlösung, so scheidet sich an der Anode Chlor ab, an der Kathode hingegen Natrium. Letzteres wirkt aber sofort zersetzend auf das Wasser, dessen O es zur Oxydation an sich reisst, während der H sich nur secundär an der Kathode abscheidet.

Einfluss der Stromstärke und Temperatur.

Die Grösse der Polarisation nimmt zu (wenn auch in einem geringeren Grade) mit der Stromstärke, mit der Erhöhung der Temperatur nimmt sie jedoch beinahe proportional ab.

Beseitigung der Polarisation.

Das Bestreben, die Polarisation (die wie ersichtlich sehr bald die Stärke des vorhandenen galvanischen Stromes verändern muss) zu beseitigen, hat zur Entdeckung zweier wichtiger Vorrichtungen geführt, nämlich zur Construction constanter galvanischer Ketten (Becquerel) und der sog. unpolarisirbaren Elektroden (Du Bois-Reymond).

Die constanten Ketten:

Die constanten Ketten liefern dadurch einen constanten (d. h. gleich stark bleibenden) Strom, dass die durch die Elektrolyse erzeugten Jonen sofort im Momente ihres Entstehens beseitigt werden, so dass sie also zur Erzeugung eines Polarisationsstromes keine Veranlassung geben können. Zu dem Behufe werden die beiden zur Kette benutzten Körper der Spannungsreihe jeder für sich in eine besondere Flüssigkeit getaucht; beide Flüssigkeiten sind durch eine poröse Scheidewand (Thoncylinder) getrennt. Bei der Grove'schen Zink-Platinkette taucht das Zink in verdünnte Schwefelsäure, das Platin in Salpetersäure. Der durch die Elektrolyse am + Zink abgeschiedene O bildet hier Zinkoxyd, welches sich sofort in der verdünnten Schwefelsäure auflöst. Der vom Platin angezogene H wird sofort durch die Salpetersäure (welche O abgibt und zu salpetriger Säure wird) zu H_2O vereinigt. — Ganz ähnlich wirkt die Bunsen'sche Zink-Kohle-Kette, bei welcher die — Kohle in Salpetersäure, das + Zink in verdünnter Schwefelsäure steht. — Bei der Kette von Daniell steht + Zink in verdünnter Schwefelsäure, — Kupfer in concentrirter Lösung von Kupfersulphat. An dem Zink vollzieht sich der Vorgang gerade wie in der Grove'schen Kette. Das — Kupfer zieht jedoch H an. Letzteres reducirt aber sofort in statu nascendi das Kupfer aus seiner Verbindung zu metallischem Kupfer, welches sich als blanker Beschlag der Kupferplatte auflagert.

von Grove, von Bunsen, von Daniell.

Unpolarisirbare Elektroden

Leitet man von einem constanten Elemente die Elektroden zu einem feuchten thierischen Gewebe (z. B. Nerv oder Muskel), so muss natürlich an denselben sofort Elektrolyse und in Folge davon Polarisation stattfinden. Um nun an den Elektroden diese zu vermeiden, hat man unpolarisirbare Elektroden construirt (vgl. Fig. 131, IV). Durch die Ermittelungen von Regnauld, Matteucci und Du Bois-Reymond ist festgestellt, dass man solche construiren kann, wenn man die vom Elemente herkommenden Leitungsdrähte zuerst mit einem verquickten Zink (z, z) verbindet, letzteres in eine mit concentrirter Zinksulphatlösung gefüllte Röhre (a a) eindichtet (k, k), die mit einer Spitze von mit 1% Kochsalzlösung angeknetetem Thon (t, t) versehen ist. Werden diese Thonspitzen an die Gewebe gelegt, so erfolgt keine Polarisation.

Unpolarisirbare Anordnung zur Untersuchung von Muskel- und Nervenströmen.

Ganz derselben Vorrichtung bedient man sich auch zur Untersuchung der Ströme in den Muskeln und Nerven (vgl. Fig. 131, I.) (Du Bois-Reymond). Da diese Gewebe in directer Verbindung mit Metallen Ströme erzeugen würden, so legt man dieselbe unpolarisirbare Vorrichtung an. Selbige hat hier nur eine andere Form: sie besteht aus Kästchen von Zink (P, P), gefüllt mit concentrirter Zinksulphatlösung (s, s). In letztere taucht ein Fliesspapierbausch (b, b), der von der Zinklösung durchtränkt ist. Schliesslich ist dieser mit einer dünnen Schicht mit 1% Kochsalzlösung angekneteten plastischen Thons (t, t) bedeckt, der die Gewebe vor der directen ätzenden Einwirkung des gelösten Zinksalzes schützt.

Innere Polarisation feuchter Leiter.

Nerven und Muskelfasern, ferner saftreiche Pflanzentheile, Faserstofffasern und ähnliche Körper, welchen eine poröse mit Saft erfüllte Structur zukommt, zeigen bei Anwendung starker Ströme in ihrem Innern ebenfalls die Erscheinungen

der Polarisation, welche man „innere Polarisation feuchter Leiter" genannt hat (Du Bois-Reymond). Man nimmt an, dass die besser leitenden festeren Theilchen im Innern dieser Körper ähnlich auf die anliegenden Flüssigkeitstheilchen elektrolytisch einwirken, wie metallene Elektroden im Contact mit Flüssigkeit. Die aus der Zerlegung der innern Flüssigkeitstheilchen entstehenden Jonen würden dann durch die zwischen ihnen bestehende Spannung die innere Polarisation zu Wege bringen.

Kataphorische Wirkung des galvanischen Stromes.

Leitet man die beiden Elektroden einer Kette in die beiden Abtheilungen einer Flüssigkeit, welche durch eine poröse Scheidewand in zwei Hälften geschieden ist, so beobachtet man, dass Flüssigkeitstheilchen in der Richtung des galvanischen Stromes vom + Pole zum — Pole hingeleitet werden, so dass nach einiger Zeit die Menge der Flüssigkeit in der einen Gefässhälfte ab-, in der anderen zugenommen hat. Diese Erscheinung der directen Ueberleitung hat man kataphorische Wirkung (Du Bois-Reymond) genannt; auf ihr beruht die galvanische Durchleitung gelöster Stoffe durch die äussere Haut (vgl. pag. 535), sowie das sogenannte Porret'sche Phänomen am lebensfrischen Muskel (vgl. pag. 542. b).

Aeusserer secundärer Widerstand.

Auf der kataphorischen Wirkung beruht weiterhin, wie es scheint, auch die Erscheinung des sogenannten „äusseren secundären Widerstandes". Senkt man kupferne Elektroden einer starken constanten Kette je in eine mit Kupfersulphatlösung gefüllte Schale, aus welcher je ein mit dieser Flüssigkeit durchtränkter Bausch hervorragt; brückt man ferner über diese beiden Bäusche ein Stück Muskel, Knorpel, pflanzliches Gewebe, oder einen prismatischen Streifen coagulirten Eiweisses, so sieht man, dass nach Schluss der Kette schon bald der Strom eine sehr erhebliche Schwächung erleidet. Wendet man nun den Strom um, so nimmt der Strom zuerst wieder zu, dann aber vom Maximum wieder ab So hat ein fortwährendes wechselndes Wenden des Stromes denselben Wechsel der Stromschwankung zur Folge. Hat man zu dem Versuche ein prismatisches Eiweissstück genommen, so beobachtet man, dass gleichzeitig mit der Schwächung des Stromes, in der Umgebung des + Poles dasselbe wasserarm geworden ist und geschrumpft aussieht, während umgekehrt am — Pol das anliegende Eiweissstück (wohl durch kataphorische Wirkung) gequollen und wasserreicher ist. Aendert man die Richtung des Stromes, so findet sich dieselbe Erscheinung alsbald wieder an den gewechselten Polen. Die geschilderte Schrumpfung und Wasserverarmung am positiven Pole in dem Eiweiss muss die Ursache jenes Widerstandes in der Kette werden, welche die Schwächung des galvanischen Stromes erklärt. Man nennt diese Erscheinung die des „äusseren secundären Widerstandes" (Du Bois-Reymond).

331. Induction. — Der Extrastrom. — Magnetisirung des Eisens durch den galvanischen Strom. — Volta-Induction. — Unipolare Inductionswirkungen. — Magneto-Induction.

Die Induction des Extrastromes.

Ist ein galvanisches Element mittelst eines kurzen Drahtbogens geschlossen, so wird in dem Momente, in welchem man den Schliessungsbogen wieder öffnet, ein schwacher Funken wahrgenommen. War jedoch die Schliessung durch einen sehr langen rollenartig aufgewickelten Draht vollzogen, so zeigt sich bei der Oeffnung ein starker Funken. Bringt man an dem Schliessungsdraht noch zwei Griffe an, welche ein Mensch so in seinen beiden Händen hält, dass der Strom (durch Unterbrechung der Drahtleitung zwischen den beiden Griffen) im Moment der Oeffnung nur noch durch den Körper geschlossen ist, so erfolgt im Momente der Oeffnung (zwischen den beiden Griffen) ein heftiger Erschütterungsschlag. Diese Erscheinung rührt her von einem in der langen gewundenen Schliessungsspirale inducirten Strome, den Faraday den Extrastrom genannt hat. Die Entstehungsursache liegt im Folgenden. Wird die Kette durch die Drahtspirale geschlossen, so inducirt der in sie hineintretende galvanische Strom in den anliegenden Windungen derselben Spirale einen elektrischen Strom. Dieser Inductionsstrom ist im Momente der Schliessung in

der Spirale ein dem galvanischen Strome in der Kette entgegengesetzter, daher ist seine Wirkung beschränkt und ruft auch keine Erschütterung hervor. Im Momente der Oeffnung ist dieser Inductionsstrom jedoch mit dem Kettenstrom gleichgerichtet und daher ist seine Wirkung eine so kräftige.

Extrastrom-Apparate.

Elektrische Erschütterungs-Apparate, welche also so construirt sind, dass der von ihnen gelieferte Reiz durch Unterbrechung der Schliessungsspirale der Kette entsteht, werden **Extrastrom-Apparate** genannt.

Magnetisirung des Eisens durch den galvanischen Strom.

Wird in die Höhle einer aufgewundenen Drahtspirale ein Eisenstab hineingeschoben, so wird er so lange magnetisch, als ein elektrischer (galvanischer) Strom in der Spirale kreist. Befindet sich das eine Ende des Eisenstabes dem Beobachter zugewendet, das andere abgewendet, läuft ferner der positive Strom durch die Spirale wie der Zeiger auf der Uhr, so ist das zugewandte Stabende der negative Pol des Magneten. Die Kraft des so erzeugten Magneten hängt ab von der Stärke des galvanischen Stromes, von der Zahl der Spiralwindungen und von der Dicke des Eisenstabes. Sobald der Stromkreis geöffnet wird, verschwindet der Magnetismus im Eisenstabe.

Volta-Induction.

Hat man eine aus einem sehr langen, umsponnenen Drahte aufgewickelte spiralförmige Rolle, die wir die secundäre Spirale nennen wollen, ist ferner eine ähnliche Drahtspirale in deren Nähe aufgestellt, die primäre genannt, deren Enden mit den Polen eines galvanischen Elementes in Verbindung gesetzt werden können, so entsteht in der secundären Spirale allemal ein elektrischer Strom, wenn der primäre Stromkreis geschlossen, oder der geschlossene geöffnet wird. Ebenso entsteht in der secundären Spirale ein Strom, wenn diese der geschlossenen primären (also dauernd durchströmten) Spirale genähert, oder von ihr entfernt wird (Faraday 1832). Diesen in der secundären Spirale entstehenden Strom nennt man schlechtweg den „inducirten" oder auch den „faradischen" Strom; den Vorgang dieser Induction selbst hat man auch als Volta-Induction oder elektrodynamische Vertheilung bezeichnet. Der bei der Schliessung des primären Stromes oder bei Annäherung beider Rollen zu einander in der secundären Spirale entstehende Strom hat die entgegengesetzte Richtung des Kettenstromes, dahingegen ist der bei der Oeffnung des primären Stromes oder bei Entfernung beider Spiralen von einander entstehende inducirte Strom von gleicher Richtung mit dem primären. Während des Geschlossenseins des primären Stromes, oder auch bei gleichbleibendem Abstande beider Spiralen ist in der secundären Spirale kein Strom nachweisbar.

Unterschied des Schliessungs- und Oeffnungsstromes in dem secundären Kreise.

Der Oeffnungs- und Schliessungsstrom in der secundären Spirale sind noch durch folgende wichtige Unterschiede von einander verschieden. Zwar ist die Menge der im Oeffnungs- und Schliessungsstrom sich ausgleichenden Elektricität gleich gross (so dass sowohl durch Elektrolyse, als auch durch das Galvanometer gleiche Wirkung beider nachgewiesen werden kann), allein beim Oeffnungsstrom bricht die Elektricität sofort mit maximaler Höhe und in kurzer Zeit durch, während beim Schliessungsstrom die Elektricität nur allmählich anschwillt, nicht ein gleich hohes Maximum erreicht und in viel längerer Zeit abströmt. Der Grund für diese wichtige Differenz liegt im Folgenden: Mit dem Schlusse der primären Kette entwickelt sich in der primären Spirale der Extrastrom, welcher dem Kettenstrome selbst entgegengesetzt ist Er setzt daher der schnellen Ausbildung des primären Stromes zur vollen Stärke einen verzögernden Widerstand entgegen; es kann also auch der in der secundären Spirale inducirte Strom nur langsam zur Entwickelung kommen. Da jedoch beim Oeffnen der primären Spirale der Extrastrom in der letzteren dieselbe Richtung mit dem Kettenstrome hat, so fällt jenes verzögernde Moment fort. Die schnellere und intensivere Wirkung des Oeffnungsstromes ist für die physiologische Verwendung der Inductionsströme von grosser Bedeutung.

Beseitigung jener Ungleichheit.

Es kann natürlich unter Umständen erwünscht sein, diese Ungleichheit des Schliessungs- und Oeffnungsschlages zu beseitigen. Man erreicht dieses einmal dadurch, dass man den Extrastrom sehr erheblich

abschwächt. Dies geschieht einfach dadurch, dass man der primären Spirale nur einige wenige Windungen ertheilt. In einer anderen Weise hat Helmholtz dasselbe dadurch erreicht, dass er eine Nebenschliessung in den primären Stromkreis anbrachte. Hierdurch verschwindet der Strom nie vollständig in der primären Spirale, sondern er wird nur durch abwechselndes Schliessen und Oeffnen dieser Nebenschliessung von viel geringerem Widerstand abwechselnd geschwächt oder verstärkt.

Unipolare Inductionswirkungen. Wenn mit sehr grosser Schnelligkeit in der primären Rolle ein Strom entsteht oder verschwindet, so tritt in der secundären Spirale nicht allein dann der Inductionsstrom auf, wenn die freien Enden des Spiraldrahtes (die etwa mit einem thierischen Theile verbunden sind) geschlossen sind, sondern auch schon dann, wenn blos ein Drahtende ableitend berührt wird. Es kommen daher dann bei der Berührung mit nur einem Ende der secundären Spirale schon Zuckungen im Froschpräparate zu Stande, die man unipolare Inductionszuckungen nennt. Sie treten meist nur bei Oeffnungen der primären Kette auf. Begünstigt wird das Auftreten dieser Zuckungen, wenn das andere Ende der Spirale mit dem Boden in ableitender Berührung gesetzt ist und wenn auch das Froschpräparat nicht völlig isolirt gelagert ist.

Magneto-induction. Es bedarf nun noch der Besprechung der sogenannten Magneto-Induction. Nach Ampère hat man sich einen Magnetstab vorzustellen als permanent von elektrischen Strömen umkreist und zwar so, dass, wenn man den Südpol eines Magnetstabes gegen sich zugewandt hält, die Ströme um jeden Stabquerschnitt wie der Zeiger auf der Uhr kreisen. Dieses vorausgesetzt, erklärt es sich leicht, dass ein Magnet in einem nahen Drahtkreise alsdann einen Strom erzeugen wird, sobald beide sich einander nähern, ferner auch, wenn ein weiches Eisenstück plötzlich magnetisch wird, oder plötzlich den Magnetismus verliert. Die Richtung der so inducirten Ströme in der Rolle ist gerade dieselbe wie die der bei der Volta-Induction erzeugten, d. h. also Entstehen des Magnetismus oder Annäherung einer Drahtrolle an einen Magneten bewirkt einen, dem im Magneten angenommenen Strom entgegengesetzten, Inductionsstrom; umgekehrt hat das Vergehen des Magnetismus oder die Entfernung der Rolle vom Magnete einen gleichgerichteten Strom zur Folge.

[Annäherung und Entfernung eines Magneten zu und von einer Drahtrolle kann man in sehr schneller Folge vollziehen, wenn man einen Magnetstab, der an einem Ende festgeklemmt ist, in der Nähe frei schwingen lässt. Die Tonhöhe eines solchen Stabes gibt dann natürlich die Schnelligkeit der Bewegung und damit zugleich die Zahl der Stromstösse an (Grossmann's „akustische Stromstösse". und dadurch bewirkter „akustischer Tetanus" im Froschpräparate 1858)].

332. Du Bois-Reymond's Schlitten-Inductionsapparat. — Pixii-Saxton'sche Magneto-Inductionsmaschine.

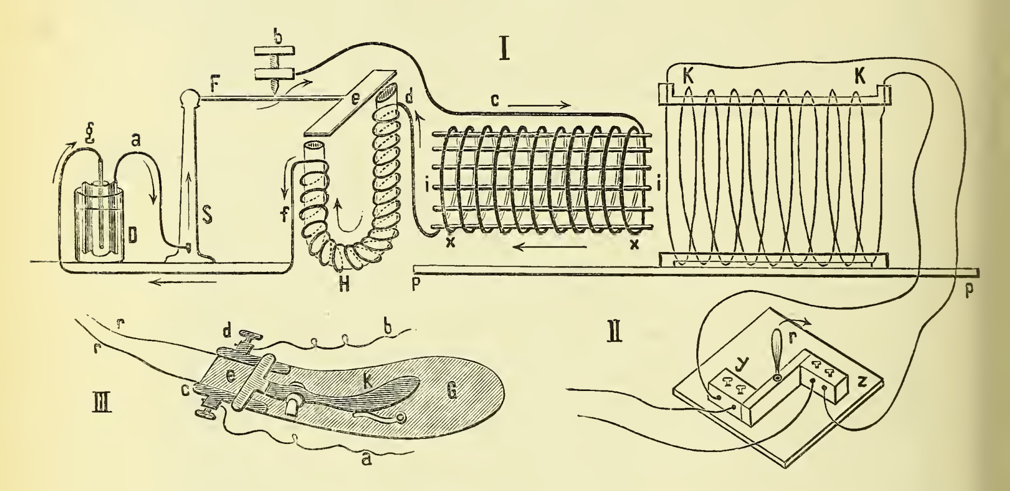
Du Bois-Reymond's Schlitten-Magnet-Elektromotor. Der Schlittenapparat ist eine zu physiologischen Zwecken verbesserte Modification des Magneto-elektromotors von Neef. Das Werkzeug wird aus umstehender Skizze leicht verständlich. Von dem constanten Elemente (D) führt der eine Poldraht (a) zu der Metallsäule (S), von deren oberem Ende eine leichtschwingende Metallfeder (F) horizontal gerichtet ist, welche an ihrem äussersten Ende ein Querstück Eisen (e) trägt. Der Mitte der Feder ist von oben her eine Stellschraube (b) so weit genähert, dass ein Contact beider statthat. Von der Schraube (b) leitet ein umsponnener Kupferdraht (c) weiter zu einer im Innern hohlen Spirale (xx), innerhalb welcher eine Anzahl durch Firnissüberzug isolirter weicher Eisenstäbe (ii) liegt. Von der Spirale verläuft der Draht (d) weiter zu einem aus weichem Eisen bestehenden Hufeisen, welches er in spiraligen Touren umwindet, und geht endlich von hier aus (bei f) zum Elemente (g) wieder zurück.

Während in dieser Weise der Strom geschlossen ist, muss er folgende Wirkungen erzielen: Er macht das Hufeisen (H) magnetisch, welches in Folge dessen sofort das bewegliche Eisenstück (e, den Neef'schen Hammer) anzieht. Hierdurch wird aber der Contact der Feder (F) mit der Schraube (b) aufgehoben. Der Strom ist hierdurch unterbrochen, das Hufeisen (H) verliert dem-

gemäss seinen Magnetismus, es lässt e los, welches durch die Feder wieder nach oben gehoben wird, so dass bei b der Contact wieder entsteht. Der neue Contact hat neue Magnetisirung von H zur Folge, und es muss sich so in schneller Folge Anziehen und Loslassen von e wiederholen, wodurch zwischen F und b ebenso oft der primäre Strom geöffnet und wieder geschlossen wird.

In gleicher Richtung mit der Spirale (x x) des primären Stromes befindet sich auf einer langen Schiene (Schlitten) (p p), [der mit einem Massstabe versehen ist] eine aus zahlreichen Windungen eines dünnen übersponnenen Drahtes bestehende, im Innern hohle Spirale (K K), die secundäre genannt. Sie kann auf dem „Schlitten" entweder über die primäre geschoben werden, die

Fig. 132.



I Schema des Schlitten-Elektromotors von Du Bois-Reymond. — *II* Schlüssel zum Tetanisiren. — *III* Elektroden mit Unterbrechungsvorrichtung.

sie alsdann in ihrer Höhle aufnimmt, oder sie kann beliebig weit davon entfernt werden. Nach den Gesetzen der Volta-Induction (pg. 636) entsteht bei Schliessung des primären Stromes in der secundären Spirale (K K) ein dem primären Strome entgegengesetzter, hingegen bei der Oeffnung des primären Stromes ein gleichgerichteter Inductionsstrom. Weiterhin hat nach den Gesetzen der Magneto-Induction das (durch den Schluss des primären Stromes bewirkte) Magnetischwerden der Eisenstäbe (i i) innerhalb der primären Spirale (x x) zur Folge, dass in der secundären Rolle (K K) ein entgegengesetzter Strom entsteht, das Verschwinden des Magnetismus aus den Stäben (durch Oeffnung der primären Kette) hat jedoch einen gleichgerichteten Inductionsstrom zur Folge. So erklärt sich die viel stärkere Wirkung des Inductions-Oeffnungsstromes dem Schliessungsstrome gegenüber.

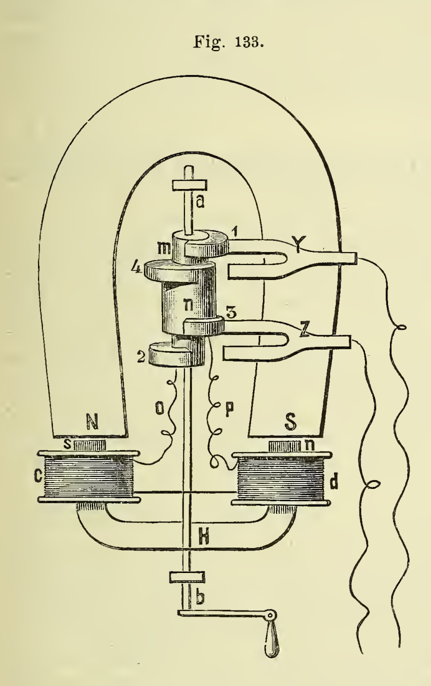
Ueber die mögliche Beseitigung der Ungleichheit der beiden Ströme war bereits oben die Rede.

Der Magneto-Inductions-Apparat.

Der zuerst von Pixii (1832) erfundene, später namentlich von Saxton verbesserte und von Stöhrer mit dem Commutator versehene Magneto-Inductions- (oder Rotations-) Apparat besteht zunächst aus einem sehr kräftigen hufeisenförmigen Stahlmagneten. Seinen beiden Polen (N und S) gegenüber befindet sich ein Hufeisen aus weichem Eisen (H), welches um eine horizontal liegende Axe (a b) drehbar ist. Auf die Enden des Hufeisens sind Holzspulen (c, d) geschoben, um welche ein isolirter Draht spiralig vielfach herumgewickelt ist. Befindet sich das Hufeisen zunächst in der Ruhestellung, wie die

Figur es abbildet, so ist das Hufeisen unter dem Einflusse des grossen Stahlmagneten selbst magnetisch geworden; es wendet den Polen des Stahlmagneten die ungleichen Pole s und n zu. In dem Draht der beiden Holzspulen c und d wird allemal ein elektrischer Strom entwickelt, wenn das Hufeisen seinen Magnetismus verliert, oder ihn auf's neue wieder gewinnt. Wird nun eine halbe Umdrehung der Axe a b gemacht (wodurch die Spule c dem Pole S gegenüber gestellt wird), so ändert natürlich der Magnetismus im Hufeisen seine Pole (da stets den Polen des Stahlmagneten N und S die entgegengesetzten Pole des Hufeisens gegenüber sich befinden müssen). Dies Wechseln der Pole im Hufeisen kann natürlich nur so geschehen, dass der vorhandene ursprüngliche Magnetismus verschwindet und der neue entgegengesetzte sich einstellt. Das Verschwinden des Magnetismus im Hufeisen und das Entstehen des entgegengesetzten bewirkt in der Spirale Ströme derselben Richtung. Bei der zweiten halben Umdrehung werden die Pole in ihre alte ursprüngliche Lage wieder zurückversetzt. Es muss daher hierbei eine Stromentwickelung in der Spirale von entgegengesetzter Richtung (von der bei der ersten halben Umdrehung entstehenden) inducirt werden. Jede ganze Umdrehung des Hufeisens hat also allemal zwei in entgegengesetzter Richtung durch die Spirale verlaufende Ströme zur Folge, so dass also die abgehenden Drahtenden o und p abwechselnd + und — werden.

Fig. 133.



Magneto-Inductionsapparat mit Stöhrer's Commutator.

Stöhrer hat nun durch die Anbringung seines Commutators erzielt, dass die besagten zwei Ströme in derselben Richtung verlaufen. Auf der Axe (a b) befinden sich zu dem Behufe zwei Metallhülsen übereinander geschoben (m und n), beide von einander gut isolirt. Jede Hülse trägt an ihrem oberen und unteren Ende je einen hohen metallenen Halbring: also die Hülse n die Halbringe 3 und 4; die Hülse m die Halbringe 1 und 2. Die Halbringe stehen alle alternirend. Von den beiden Poldrähten der Spirale steht der eine (o) mit der inneren Hülse (m) in Verbindung, der andere (p) mit der äusseren (n). Die gespaltenen Metallplatten Y und Z sind die Fortsetzungen der Poldrähte und leiten zu den Elektroden. Es ist leicht ersichtlich, dass in der jetzigen Stellung p durch 3 zur äusseren Hülse und von dort nach Z führt. Nach einer halben Umdrehung aber steht o durch 2 der inneren Hülse mit Z in Verbindung (Der analoge Stellungswechsel vollzieht sich bei Y.) Wenn nun (wie oben auseinandergesetzt) o und p bei jeder halben Umdrehung ihre Polarität wechseln, so dass allemal nach einer halben Drehung dann o dann wieder p positiv wird, so bleibt durch die Commutatorvorrichtung Z stets mit dem positiven und demgemäss Y stets mit dem negativen Pole vereinigt. — Die Halbringe 1 und 4, sowie 3 und 2 stehen an ihren Enden etwas über einander hinweg. Hierdurch kommt es, dass bei der entsprechenden Stellung o und p einmal auf kurze Zeit oben und unten durch Z und V geschlossen werden. Dann tritt in diesem

Moment gar kein Strom in die Elektroden. — Der Apparat ist sehr wirksam und auch zu elektrolytischen Versuchen brauchbar.

Schlüssel zum Tetanisiren. Als Hilfsapparat für diese Apparate dient der „Schlüssel" (Fig. 132, II.), welcher einfach darin besteht, dass man den Strom so lange durch eine breite Metallbrücke (y, r, z) strömen lässt, bis man ihn durch die zu reizenden Theile selbst hindurchsendet. Letzteres geschieht in dem Momente, wenn die verbindende Metallplatte (r) zwischen den beiden Klötzen (y und z) weggeschoben wird (Du Bois-Reymond). In ähnlicher Weise kann auch zu physiologischen Zwecken die Schlüsselelektrode (III) verwendet werden, welche den Strom in die Gewebe sendet, sobald die federnde Verbindungsplatte (e) durch Druck auf k gehoben wird. Dieses Instrument kann mit einer Hand geleitet werden; — a b sind die Poldrähte, r r die den zu reizenden Theilen anliegenden (isolirten) Elektroden, G der Griff des Instrumentes.

333. Elektrische Ströme im ruhenden Muskel und Nerven.

Gleichmässig gebauter Muskel. Zur Prüfung des Gesetzes über den Muskelstrom bedarf es eines Muskels, welcher einen aus parallelen Fasern gefügten einfachen Bau besitzt, der also ein Prisma oder einen Cylinder (I und II) darstellt. Der M. sartorius vom Frosche kann als solcher gelten. Man unterscheidet an einem solchen Muskel seine Oberfläche, oder den natürlichen Längsschnitt, — ferner seine sehnigen Enden, oder die natürlichen Querschnitte; weiterhin (wenn letztere senkrecht zur Längsaxe abgeschnitten sind) die künstlichen Querschnitte (I. c d); endlich bezeichnet man als Aequator (a b, — m n) eine gezogene Linie, welche genau die Länge der Muskelfasern halbirt. *Bezeichnungen.*

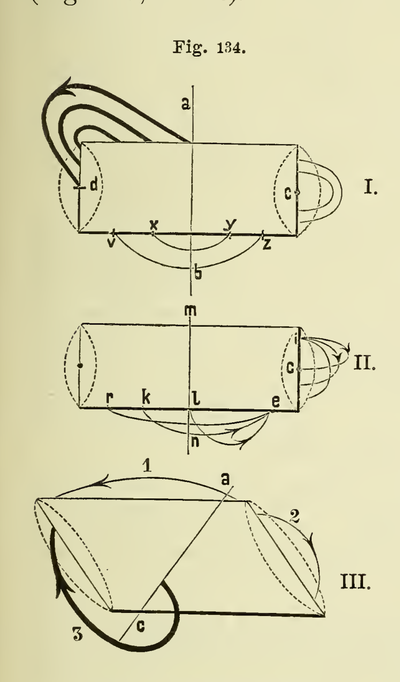
Da die vorhandenen Ströme nur sehr schwach sind, so bedarf es zum Nachweise des Multiplicators (Fig. 131) oder des Elektrogalvanometers (pag. 384), mit deren Zuleitungsdrähten die unpolarisirbaren Vorrichtungen (Fig. 131, P P) verbunden sind.

Starke Ströme. 1. Starke elektrische Ströme werden beobachtet, wenn man (wie in Fig. 131, I. M) den Querschnitt des Muskels mit dem einen Zuleitungsgefäss in Verbindung setzt, hingegen die Oberfläche (Längsschnitt) mit dem andern (Nobili, Matteucci, Du Bois-Reymond). Die Richtung ist von dem (positiven) Längsschnitt zum (negativen) Querschnitte (im Leitungsdrahte) [also im Muskel selbst vom Querschnitt zum Längsschnitt] (Fig. 134, I). Dieser Strom ist um so stärker, je mehr die eine Ableitungsstelle dem Aequator genähert ist und die andere der Mitte des Querschnittes; die Stärke nimmt um so mehr ab, je mehr die Ableitung von der Oberfläche sich dem Ende, und je mehr die Ableitung vom Querschnitte sich dem Rande des Querschnittes nähert. Der Nachweis des starken Stromes gelingt selbst an einer einzelnen isolirten Muskelfaser (Du Bois-Reymond).

Schwache Ströme. 2. Schwache elektrische Ströme erhält man, a) wenn man ungleich weit vom Aequator zwei Stellen der Oberfläche ableitet: der Strom verläuft dann von der dem Aequator näher liegenden (+) Stelle zu dem ihm entfernter liegenden (—) Punkt

(im Muskel natürlich umgekehrt) (Fig. 134, II. k e und l e). — b) Gleichfalls schwache Ströme entstehen bei ungleichmässiger Ableitung zweier Querschnittstellen, und zwar geht hier der Strom von der dem Rande des Querschnittes näher liegenden Ableitungsstelle zu der der Mitte des Querschnittes anliegenden Ableitung, (im Muskel selbst wieder entgegengesetzt) (Fig. 134, II. i c).

Fig. 134.



Schema der Muskel-Ströme.

Unwirksame Anordnung.

3. Werden zwei gleichweit vom Aequator entfernt liegende Punkte der Oberfläche (I. x y, v z. — II. r e), oder zwei gleichweit von der Mitte der Querschnitte (II. c) abstehende Punkte abgeleitet, so zeigt sich kein Strom. — Der ruhende Nerv verhält sich rücksichtlich 1, 2 und 3 ganz analog dem Muskel. Die elektromotorische Kraft der starken Ströme beträgt 0,02 Daniell (Du Bois-Reymond). Erwärmung des Nerven bis zu 25° C. verstärkt den Nervenstrom, höhere Temperaturen schwächen denselben (Steiner).

Neigungsströme.

4. Werden die Querschnitte eines Muskels schräg angelegt (III), so dass die Gestalt des Stückes rhombisch ist, so ist das unter 3 mitgetheilte Verhalten gestört. Es verhält sich hier ein dem stumpfen Winkel naheliegender Punkt des Querschnittes oder der Oberfläche positiv zu einem der spitzen Ecke gleich nahe liegenden Punkte. Der Aequator verläuft schräg (a c). Diese abweichenden Ströme heissen Neigungsströme (Du Bois-Reymond), deren Verlauf die Linien 1, 2 und 3 angeben.

Stärke der Ströme und Einflüsse auf dieselbe.

Die elektromotorische Kraft eines starken Stromes (beim Frosch) ist gleich 0,05—0,08 Daniell; bei den stärksten Neigungsströmen sogar bis 0,1 Daniell. Muskeln curarisirter Thiere haben anfangs stärkere Ströme; die Ermüdung der Muskeln schwächt die Stromkraft (Roeber), die beim Absterben völlig erlischt. — Erwärmung eines Muskels steigert den Strom; über 40° C. hinaus schwächt dieselbe ihn jedoch wieder (Steiner). Abkühlung setzt die elektromotorische Kraft herunter. Warme Muskelstellen verhalten sich positiv zu den kühleren (L. Hermann, Worm-Müller).

Nachweis des Muskelstromes durch das physiologische Rheoskop.

Auch ohne Hilfe eines Multiplicators lässt sich der Muskelstrom nachweisen: 1. Durch ein empfindliches Froschpräparat, „physiologisches Rheoskop“ genannt. An den Querschnitt und

die Oberfläche eines M. gastrocnemius vom Frosche lege man einen feuchten Leiter. Sobald über diese der N. ischiadicus eines Froschpräparates, der mit dem Unterschenkel in Verbindung steht, gebrückt wird, erfolgt sofort Zuckung; ebenso sobald der Nerv wieder abgehoben wird. — Macht man am unteren Ende eines Froschpräparates am M. gastrocnemius einen Querschnitt und lässt nun den Hüftnerv (dessen Ausbreitung im Muskel ja mit der Oberfläche aller Fasern in Verbindung steht) auf diesen Querschnitt sinken, so zuckt der Schenkel, da ja nun der Muskelstrom (von der Oberfläche zum Querschnitt) in den Nerven einbricht. Diese Beobachtungen sind als „Zuckungen ohne Metalle" schon lange bekannt (Galvani, Al. v. Humboldt).

Nachweis durch Selbsterregung des Muskels.

2. Man kann durch den Muskelstrom eines isolirten Muskels den letzteren selbst direct reizen und zur Zuckung bringen. Legt man nämlich an Querschnitt und Oberfläche eines (curarisirten) Froschmuskels unpolarisirbare Elektroden und schliesst die Drähte durch Quecksilber, so zuckt der Muskel. Taucht man ferner das untere Ende eines mit Querschnitt versehenen Muskels in eine 0,6% Kochsalzlösung (die selbst völlig indifferent ist), so erfolgt durch diese Flüssigkeit eine Nebenschliessung zwischen Querschnitt und anliegender Oberfläche des Muskels; in Folge hievon zuckt der Muskel. Auch andere als Nebenschliessung benutzte indifferente Leiter wirken ebenso (E. Hering).

Nachweis durch Elektrolyse.

3. Leitet man den Muskelstrom in Jodkaliumkleister, so bewirkt er durch Elektrolyse eine Abscheidung des Jod am + Pole, wodurch Bläuung des Kleisters eintritt.

Der „Froschstrom".

Aus den elektrischen Strömen der einzelnen Muskeln und Nerven soll sich der Gesammtstrom im Körper summiren, der im Frosche einen von der Spitze der Beine nach dem Rumpfe gerichteten Verlauf zeigt, im Rumpfe vom After zum Kopfe hin. Dies ist der Corrente propria della rana Nobili's oder der „Froschstrom". In Säugern soll der entsprechende Strom die entgegengesetzte Richtung haben.

Ströme beim Absterben.

Die Ströme der Muskeln und Nerven erhalten sich länger, als die Reizbarkeit derselben (Valentin), auch der durch Curare völlig gelähmte motorische Nerv zeigt noch den Strom (Funke). Starrgewordene Muskeln zeigen mitunter entgegengesetzt verlaufende Ströme in Folge von Ungleichartigkeiten durch die eintretende Zersetzung.

Haut- und Schleimhautstrom.

Von anderen Geweben, welche elektrische Ströme zeigen, ist zu nennen die Froschhaut, deren Oberfläche +, die Innenfläche — ist (Du Bois-Reymond, Budge), ebenso verhält sich die Schleimhaut des Nahrungscanales (J. Rosenthal). Nach einigen Versuchen finde ich den Inhalt der durchschnittenen Linse positiv zur unverletzten Oberfläche derselben.

334. Ströme des gereizten Muskels und Nerven.

Negative Stromesschwankung im Tetanus,

1. Wird ein Muskel, der einen „starken" elektrischen Strom zeigt, in tetanische Contraction versetzt (am besten durch Tetanisirung seines motorischen Nerven durch die „stromzuführende Vorrichtung" Du Bois-Reymond's), so schwächt sich sein Strom, mitunter sogar bis zum völligen Rückgang der Magnetnadel zum Nullpunkt. Diese Erscheinung ist die „negative Stromesschwankung" (Du Bois-Reymond). Dieselbe ist um so grösser, je grösser der primäre

Ausschlag der Magnetnadel ist, und um so energischer der Muskel sich contrahirt.

Nach dem Tetanus ist der Muskelstrom schwächer wie vorher (Roeber). Lag der Muskel so auf den Zuleitungsgefässen, dass der Strom ein „schwacher" war, so zeigt sich im Tetanus in analoger Weise eine Verminderung dieses schwachen Stromes. Bei der „unwirksamen Anordnung" hat die Contraction des Muskels keinen auf die Magnetnadel wirkenden Einfluss. — Verhindert man den Muskel durch Anspannen sich zu contrahiren, so zeigt sich dennoch die negative Schwankung.

bei schwacher und unwirksamer Anordnung.

2. In den vom Nerven aus in Tetanus versetzten, völlig unversehrten Muskeln zeigt sich elektromotorische Kraft, z. B. ist im tetanisirten Frosch-Wadenmuskel ein absteigender Strom vorhanden, ein gleicher im ganzen Hinterbein.

Strom beim Tetanus intacter Muskeln.

3. Auch eine einzelne Zuckung zeigt die Entwickelung eines elektrischen Stromes im Muskel an. Als Object dient zweckmässig das schlagende (Frosch-) Herz, welches man am Elektrogalvanometer von Thiry und Meyerstein beobachtet. Jeder Schlag bewirkt einen Ausschlag am Instrumente und zwar erfolgt derselbe eher, als die Contraction des Herzmuskels selbst. Bei der Zuckung (des völlig unverletzten) M. gastrocnemius des Frosches vom Nerven aus zeigt sich zuerst absteigender, hierauf aufsteigender Strom (Sigm. Mayer) (Erklärung siehe unten).

Strom bei einfacher Zuckung.

4. Wird ein Muskel an einem Ende momentan direct gereizt, so dass nun die Contractionswelle (pg. 560) schnell durch die ganze Länge der Muskelfasern hindurchzieht, so ist allemal successive jede Muskelstelle, kurz bevor sie sich contrahirt, negativ elektrisch. Es läuft also eine „Negativitätswelle" der „Contractionswelle" vorauf; erstere fällt also in die Zeit der latenten Reizung. Negativitäts- und Contractionswelle haben gleiche Geschwindigkeit von 3 Meter in 1 Secunde. Die Negativität, die erst zu-, dann abnimmt, dauert an jeder Stelle nur 0,003 Secunden (Bernstein).

Strom in Begleitung einer Contractionswelle.

Die elektrischen Vorgänge im Muskel bei der einfachen Zuckung zeigt auch das Froschpräparat an. Legt man den Nerven eines solchen auf einen Muskel, so zuckt allemal, wenn letzterer in Zuckung versetzt wird, auch das Froschpräparat. Legt man ein Froschpräparat mit dem Nerven auf ein schlagendes Säugethierherz, so erfolgt mit jedem Schlage eine Zuckung im Schenkel. Man nennt diese Zuckung „die secundäre Zuckung" (vgl. auch pag. 221).

Secundäre Zuckung.

In ähnlicher Weise bewirkt ein tetanisch contrahirter Muskel in einem anliegenden Froschpräparate einen „secundären Tetanus" (Matteucci). Man hat in letzterem den Beweis finden wollen, dass beim Vorgang der negativen Schwankung im Muskel viele hinter einander schnell erfolgende Stromschwankungen vorhanden sein müssten, da nur schnelle Schwankungen der Art tetanisch erregend auf den Nerven wirken, nicht aber andauernde Stromveränderungen.

Secundärer Tetanus.

5. Wird ein Nerv, der mit Querschnitt und Oberfläche auf den Zuleitungsgefässen ruht, elektrisch, chemisch oder

Negative Schwankung im Nerven.

mechanisch gereizt, so nimmt sein Strom ebenfalls ab, sogar bis zur Umkehrung des Stromes (Du Bois-Reymond). Diese „negative Schwankung", welche sich nach beiden Seiten im Nerven fortpflanzen kann, ist aus sehr schnell hinter einander erfolgenden periodischen Unterbrechungen des ursprünglichen Stromes zusammengesetzt (ähnlich wie im contrahirten Muskel) (Bernstein). Die Grösse der negativen Schwankung ist abhängig von der Grösse des primären Ausschlages, ferner von dem Grade der Nervenerregbarkeit und von der Stärke des angewandten Reizes. Die negative Schwankung ist sowohl bei tetanisirender Reizung, als auch bei einzelnen Reizwellen beobachtet (Bernstein). An völlig unverletzten Nerven ist negative Schwankung noch nicht beobachtet.

Einfluss des Elektrotonus.

Der Elektrotonus hat auf die negative Schwankung einen Einfluss. Letztere ist nämlich im Anelektrotonus herabgesetzt, im Katelektrotonus erhöht. Ferner zeigen auch die im Elektrotonus extrapolar auftretenden Ströme die negative Schwankung, wenn der Nerv gereizt wird (Bernstein).

Geschwindigkeit der Fortpflanzung der negativen Schwankung im Nerven.

Der Vorgang der negativen Schwankung pflanzt sich durch das Nervenrohr mit messbarer Geschwindigkeit fort, die der Fortpflanzung der Erregung selbst gleich ist, und 27—28 Meter in 1 Secunde beträgt. Die Dauer einer einzelnen Schwankung (aus denen sich der Vorgang der negativen Schwankung zusammensetzt), beträgt nur 0,0005—0,0008 Secunden [die Länge der ablaufenden Wellen im Nerven berechnet sich auf 18 Mm.] (Bernstein).

J. Bernstein's Bestimmuug durch das Differential-Rheotom.

J. Bernstein hat mittelst des Differential-Rheotoms in folgender Weise gefunden, welche Zeit die negative Stromesschwankung im Nerven bedarf, um sich von der Stelle des Reizes durch die Bahn des Nerven fortzupflanzen. Ein langer Nerv wird so hergerichtet, dass an seinem einen Ende Querschnitt und Oberfläche zum Galvanometer abgeleitet werden. Am anderen Ende liegen die Elektroden einer Inductionsrolle. Eine um ihre verticale Axe schnell rotirende Scheibe besitzt an einer Stelle ihrer Peripherie eine Vorrichtung, durch welche der Strom der primären Kette bei jeder Umdrehung schnell geschlossen und geöffnet wird. Dies bewirkt also jedesmal einen reizenden Schliessungs- und Oeffnungs-Inductionsschlag am Nervenende. An der diametral gegenüber liegenden Seite der Peripherie der Scheibe ist eine Vorrichtung, durch welche der Galvanometerkreis bei jeder Umdrehung geschlossen und geöffnet wird. Es findet also in demselben Zeitmomente die Reizung und die Schliessung des Galvanometerkreises statt. Bei schneller Rotation der Scheibe zeigt nun das Galvanometer einen starken Nervenstrom an. In demselben Zeitmomente der Reizung ist nämlich die negative Schwankung noch nicht bis zum anderen Nervenende vorgedrungen. Wird jedoch nunmehr jene Vorrichtung, welche den Galvanometerkreis schliesst, an der Peripherie der Scheibe so verschoben, dass der Galvanometerkreis etwas später geschlossen wird, als der Nerv gereizt wurde, so erscheint der Strom durch die negative Schwankung geschwächt. Bei der bekannten Umdrehungsgeschwindigkeit der Scheibe findet man leicht, dass die Zeit für die Strecke der Schliessungs-Verschiebung gleich sein muss der Schnelligkeit, mit welcher sich der (die negative Schwankung erzeugende) Reiz von dem einen Ende des (in seiner Länge bekannten) Nerven bis zum anderen Ende fortpflanzt.

Die negative Stromesschwankung im Nerven lässt sich nicht durch das Froschpräparat als secundärer Tetanus oder secundäre Zuckung nachweisen.

Stromschwankung am Auge.

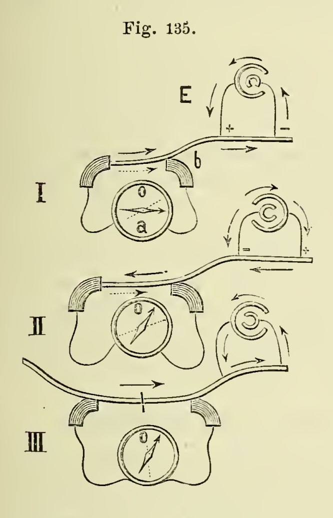
Lässt man in ein frisch exstirpirtes Auge Licht fallen, so zeigt der im Auge von der Cornea (+) zum Sehnervenquerschnitt (—) gerichtete Strom Anfangs eine Verstärkung des Stromes. Am stärksten wirkt so das gelbe Licht, weniger die anderen Farben (Holmgren, M'Kendrick).

335. Ströme des Nerven und Muskels im elektrotonischen Zustande.

1. Wird ein Nerv so mit den Zuleitungsgefässen in Verbindung gesetzt (Fig. 135, I), dass sein Querschnitt dem einen anliegt und seine Oberfläche das andere berührt, so zeigt der Multiplicator einen starken Nervenstrom an. Wird nun durch das, das Zuleitungsgefäss überragende, Nervenende der Länge nach ein constanter elektrischer Strom (den man den „polarisirenden" nennt) gesendet, dessen Richtung mit dem Strom im Nerven übereinstimmt, so zeigt die Magnetnadel einen noch stärkeren Ausschlag als Zeichen der Zunahme des Nervenstromes: „positive Phase des Elektrotonus." Dieselbe ist um so grösser, je länger die durchströmte Nervenstrecke, und je stärker der galvanische Strom ist.

Positive Phase des Elektrotonus.

Fig. 135.



Nervenstrom im Elektrotonus.

2. Hat bei derselben Lage des Nerven der durchgeleitete elektrische constante Strom die entgegengesetzte Richtung des eigenen Nervenstromes (II), so zeigt sich Abnahme der elektromotorischen Kraft des letzteren: „negative Phase des Elektrotonus".

Negative Phase des Elektrotonus.

3. Liegt der Nerv mit zwei Stellen seiner Oberfläche den Zuleitungsgefässen an und zwar gleich weit vom Aequator (III), so zeigt das Galvanometer bei dieser unwirksamen Anordnung zunächst keinen Ausschlag. Leitet man nunmehr durch das eine freie überstehende Ende des Nerven einen constanten Strom, so zeigt die Magnetnadel ebenfalls elektromotorische Wirkung in gleichem Sinne mit dem constanten Strome.

Diese Versuche zeigen, dass der von einem constanten elektrischen Strome durchflossene Nerv nicht allein innerhalb der direct durchströmten Strecke, sondern auch noch darüber hinaus eine Veränderung seiner elektromotorischen Wirksamkeit erfährt, die man Elektrotonus nennt (Du Bois-Reymond).

Der elektrotonische Strom ist am stärksten unfern den Elektroden (bis 0,5 Daniell); er tritt sofort mit Schliessung des constanten Stromes auf, doch nimmt er an der Kathode ununterbrochen ab (Du Bois-Reymond). Dahingegen ist zwischen den Elektroden ausser dem polarisirenden Strom selbst kein merklicher elektrotonischer Stromzuwachs zu erkennen (L. Hermann). — Die geschilderten Erscheinungen zeigen sich nur so lange, als der Nerv reizbar ist. Eine Unterbindung des den Galvanometerkreis überragenden Nervenendes hebt die Erscheinungen in der abgebundenen Strecke auf.

Secundäre Zuckung vom Nerven aus. Auf dem elektrotonischen Vorgang beruht „die secundäre Zuckung vom Nerven aus". Wenn man an einen abgeschnittenen Nerven einen Ischiadicus eines Froschpräparates anlegt und hierauf durch das freie Ende des ersteren einen constanten Strom sendet (nicht-elektrische Nervenreize sind wirkungslos), so zuckt das Froschpräparat. Es geschieht dies deshalb, weil der elektrotonisirende Strom in dem abgeschnittenen Nerven den anliegenden reizt. *Paradoxe Zuckung.* — Ganz so verhält es sich mit der „paradoxen Zuckung". Wendet man nämlich den Strom an auf den einen der beiden Aeste, in welche sich der (oben abgeschnittene) N. ischiadicus vom Frosche theilt, so zucken die Muskeln, welche von beiden Nerven versorgt werden.

Elektrotonische Nachströme. Wird der polarisirende Strom geöffnet, so zeigen sich vorübergehend „elektrotonische Nachströme" (A. Fick), welche allein in der extrapolaren katelektrotonisirten Strecke noch die gleiche Richtung mit dem ursprünglichen polarisirenden haben, in den ganzen anderen Nerven jedoch die entgegengesetzte (L. Hermann).

Muskelstrom im Elektrotonus. 4. Der Muskel zeigt die elektrotonisirende Wirkung des constanten polarisirenden Stromes nur innerhalb der durchflossenen Strecke: ein gleichgerichteter constanter Strom verstärkt den Muskelstrom, ein entgegengesetzter schwächt ihn. Doch soll nach Matteucci und Valentin auch die extrapolare Strecke noch unter dem Einflusse des Stromes stehen.

Es soll schliesslich noch erwähnt werden, dass, wie H. Munk fand, mit dem Momente der Stromschliessung an der Anode und darüber hinaus Wasserabnahme und Widerstandszunahme im Nerven eintritt, an den anderen Stellen bis über die Kathode hinaus das Umgekehrte. Der Gesammtwiderstand der durchflossenen Strecke nimmt anfangs ab, wächst dann aber mit beschleunigter Geschwindigkeit. Nach Oeffnung des Stromes erfolgt schnell eine Ausgleichung dieser Differenzen. (Vgl. äusserer secundärer Widerstand, pg. 635.)

336. Theorie der Muskel- und Nervenströme.

Du Bois-Reymond's Molekulartheorie. I. Zur Erklärung der Muskel- und Nervenströme hat Du Bois-Reymond die sog. Molekulartheorie aufgestellt. Dieser entsprechend enthalten die Nerven und Muskelfasern reihenweise hintereinander angeordnete kleinste elektromotorisch wirksame Moleküle, umgeben von einer leitenden indifferenten Flüssigkeit. Die Moleküle sind peripolar-elektrisch, nämlich mit einer positiven Aequatorialzone, welche der Oberfläche zugewendet ist, und je zwei negativen Polflächen, welche gegen die Querschnitte hin schauen. Jeder neu angelegte Querschnitt legt stets neue negative Flächen frei, jeder künstliche Längsschnitt neue positive Bezirke.

Dieses Schema erklärt die starken Ströme, denn wenn man mit einem Schliessungsbogen die + Oberfläche mit der — Querschnittfläche verbindet, so muss sich durch diesen hindurch ein Strom bewegen von der Oberfläche zum Querschnitt. — Dahingegen erklärt das Schema nicht die schwachen Ströme; zur Veranschaulichung dieser muss angenommen werden, dass die Moleküle einerseits in ungleichen Abständen vom Aequator, andererseits in ungleicher Entfernung von der Querschnittmitte mit verschiedener Geschwindigkeit in ihrer elektromotorischen Wirksamkeit geschwächt werden. Dann werden natürlich auch zwischen den noch stärker wirksamen und den bereits geschwächten Molekülen elektrische Spannungsdifferenzen sich einstellen.

Parelektronomie. Nun zeigen aber die Muskeln, dass ihr natürlicher Querschnitt (das Sehnenende) sich nicht wie ein künstlicher negativ, sondern mehr oder weniger stark positiv elektrisch verhält. Zur Erklärung dieser abweichenden Erscheinung nimmt Du Bois-Reymond an, dass sich am Sehnenende noch eine Lage elektropositiver Muskelsubstanz befinde. Zur leichteren Veranschaulichung denkt er sich nämlich die peripolaren Elemente des Muskels je aus 2 dypolaren Elementen bestehend; und es solle nun eine Schichte dieser Halbelemente am Sehnenende so liegen, dass ihre positive Seite der freien Sehnenfläche zugewendet

sei. Diese Schicht nennt er die „parelektronomische Schicht". Sie fehlt nie völlig; je stärker sie entwickelt ist, um so mehr herrscht bei Ableitung von Oberfläche und Sehne Stromlosigkeit. Ja es kann bei hoher Entwickelung der Parelektronomie sogar das Sehnenende + gegen die Oberfläche werden. Aetzung zerstört diese Schicht.

Erklärung der negativen Stromesschwankung.

Die negative Stromesschwankung wird so erklärt, dass während der Thätigkeit von Muskel und Nerv die elektromotorische Kraft aller Moleküle abnehme. Bei partialer Contraction des Muskels nimmt das contrahirte Stück mehr den Charakter eines indifferenten Leiters an, der nun seinerseits mit den negativen Zonen des ruhenden Inhaltes der Muskelröhren in einfach leitender Verbindung steht.

Erklärung der elektrotonischen Ströme.

Speciell für die Nervenfasern sind noch besonders die elektrotonischen Ströme jenseits der Pole zu erklären, während sich der elektrotonische Zustand der Muskeln nur auf die intrapolare Strecke ausdehnt. Zur Erklärung der elektrotonischen Ströme wird angenommen, dass den bipolaren Molekülen das Vermögen zukomme sich zu drehen. Der polarisirende Strom übt aber eine richtende Kraft auf die Moleküle aus, so dass sie nun der Anode die negativen, der Kathode die positiven Flächen zuwenden. Hierdurch erhalten die Moleküle der intrapolaren Strecke die Anordnung der Volta'schen Säule. In den jenseits der Pole liegenden Nervenstrecken sind, je weiter entfernt. um so weniger mehr die Moleküle genau eingestellt. Daher werden in den extrapolaren Strecken die Nadelanschläge um so schwächer, je weiter erstere entfernt liegen.

L. Hermann's Differenztheorie.

II. Die von L. Hermann aufgestellte Differenztheorie erklärt alle Erscheinungen der Muskel- und Nervenströme so: es verhält sich gegen den normalen ruhenden Muskel- und Nerveninhalt, der positiv elektrisch ist, sowohl der absterbende (in die Erstarrung übergehende), als auch der thätige negativ.

Stromlosigkeit frischer Muskeln.

Im einzelnen sei darüber noch das Folgende bemerkt: Es zeigte sich zunächst die Thatsache, dass ruhende unverletzte und absolut frische Muskeln völlig stromlos sind. Hierher gehört das Herz (Engelmann), ferner die noch mit der Haut bedeckten Muskeln der Fische. Da die Haut des Frosches eigene Ströme besitzt, so gelingt es unter besonderen Vorsichtsmassregeln, nach Zerstörung der Hautströme durch Aetzmittel, sich auch hier von der Stromlosigkeit der Froschmuskeln zu überzeugen. — Weiterhin fand L. Hermann, dass der Muskelstrom stets erst nach Verlauf einer (wenn auch sehr kurzen) Zeit sich nach Anlegung eines Querschnittes entwickelt.

Alle Verletzungen der Muskeln und Nerven erzeugen an den Orten der Verletzung negative absterbende Substanz, gegenüber der positiven intacteren. So erklärt sich die Negativität des Querschnittes gegen die Oberfläche.

Es verhält sich so auch mit den Querschnitten drüsiger Organe des Frosches (Matteucci), sowie auch pflanzlicher Gewebe (H. Buff). Eine merkwürdige Beobachtung machte weiterhin Engelmann: derselbe fand, dass das Herz und die glatten Muskelfasern die Negativität ihres Querschnittes wieder verlieren, wenn die durchschnittenen Muskelzellen völlig bis an die nächstliegende Kittsubstanz der angrenzenden Zellen abgestorben sind, — im Nerven, wenn die allemal einer Zelle entsprechenden durchschnittenen Strecken bis zu den nächsten Ranvier'schen Schnürringen total abgestorben sind. Dann sind alle diese Organe wieder völlig stromlos, denn die total abgestorbene Substanz verhält sich lediglich wie ein indifferenter feuchter Leiter. Ebenso zeigen auch subcutan durchschnittene Muskeln nach Ueberheilung ihrer Wundflächen keine negativen Schnittflächen mehr (Engelmann).

Nach allen diesen Erfahrungen kann nicht wohl die Präexistenz der Ströme im lebendigen Gewebe mehr angenommen werden.

Innere Polarisation als Ursache der elektrotonischen Ströme.

Die Erklärung der elektrotonischen Ströme gibt L. Hermann ebenfalls völlig abweichend als auf innerer Polarisation in den Nervenfasern zwischen dem leitenden Kern der Nerven und den Umhüllungsmassen beruhend. Schon Matteucci hatte gefunden, dass, wenn man einen Draht mit

einer feuchten Hülle rings überziehe und die Hülle mit den Elektroden einer constanten Kette in Verbindung setze, dass dann auf Polarisation beruhende Ströme auftreten, welche den elektrotonischen im Nerven gleichen.

Besitzt entweder der Draht oder die feuchte Hülle an einer Stelle eine Unterbrechung, so gehen die Polarisationsströme nicht über jene Discontinuitätsstelle hinaus. Die an der Oberfläche des Drahtes sich entwickelnde Polarisation macht durch seinen Uebergangswiderstand, dass der zugeleitete Strom sich weit über die Elektroden hinaus verbreitet.

Muskeln und Nerven bestehen nun ähnlich aus Fäden umgeben von indifferenten Leitern. Sobald ein constanter Strom an ihrer Oberfläche geschlossen wird, entwickelt sich innere Polarisation zwischen beiden, welche die elektrotonische Stromausbreitung nach sich zieht; (sie verschwindet bei der Oeffnung wieder). Die Polarisation erkennt man daran, dass beim lebenden Nerven der galvanische Leitungswiderstand quer durch die Fasern gegen 5mal, bei Muskeln 7mal grösser ist als der Länge nach.

Ströme bei der Thätigkeit der Muskeln.

Rücksichtlich der Ströme bei der Thätigkeit der Muskeln stellte L. Hermann zunächst den Satz auf: Wenn eine einzelne Reizwelle (Zuckung) der Länge nach verläuft durch Muskelfasern, welche an 2 Punkten mit dem Galvanometer verbunden sind, so ist derjenige Punkt gegen den andern negativ, unter welchem gerade die Welle hindurchzieht. — Um den beim Tetanus völlig unverletzter Muskeln auftretenden Strom zu erklären, muss die Annahme gemacht werden, dass das Ende der Fasern an der, die Negativität bedingenden, Erregung weniger betheiligt ist, als die Mitte der Faser.

Bringt man durch Reizung des Nerven einen Muskel zur Zuckung, so verläuft von der Eintrittsstelle des Nerven aus nach beiden Enden hin die Erregungswelle, die sich ebenfalls negativ zum ruhenden Muskel verhält. Je nach dem Orte des Nerveneintrittes in den Muskel wird daher die aufsteigende oder die absteigende Reizwelle eher das Ende (Ursprung oder Ansatz) des Muskels erreichen. Wird daher ein solcher Muskel mit dem oberen und unteren Ende in den Galvanometerkreis eingeschaltet, so wird zuerst dasjenige Muskelende negativ, welches der Nerveneintrittsstelle am nächsten liegt (z. B. am Gastrocnemius das obere), hierauf das untere. Es erscheint also schnell hintereinander zuerst ein absteigender, dann ein aufsteigender Strom (im Galvanometerkreis; im Muskel natürlich umgekehrt) (Sigm. Mayer).

So zeigt es sich auch an den Vorderarmmuskeln des Menschen. Wurden diese vom Nerven aus in Zuckung versetzt, so war zuerst die Eintrittsstelle der Nerven (10 Cm. unter dem Ellbogen) negativ, dann waren es die Muskelenden, wenn hier die Contractionswelle (mit einer Geschwindigkeit von 10—13 Meter in 1 Sec.) angelangt war (L. Hermann).

Wird ein völlig unversehrter stromloser Muskel direct in toto zur Contraction gebracht, so findet weder bei der einzelnen Zuckung, noch auch im Tetanus ein Strom statt, weil im gleichen Momente die ganze Muskelsubstanz in die Erregung und in den festeren Zustand übergeht.

Secretionsströme.

Auch für den Nerven nimmt L. Hermann an, dass absterbender und thätiger Inhalt negativ zum ruhenden, normalen sich verhält. — L. Hermann sieht nach Reizung der Hautnerven einen Strom auftreten gleichzeitig mit der Absonderung eines alkalischen Secretes (Frosch). Die Stromrichtung ist in der Haut von aussen nach innen. Er ist geneigt auch den präexistirenden Hautstrom als einen Secretionsstrom aufzufassen. Auch der beim Menschen beobachtete aufsteigende Strom an den Gliedmassen bei symmetrischer Ableitung und Contraction der Muskeln einer Seite soll ein Secretionsstrom in der Haut des Menschen sein. Versuche an Katzen zeigten in der That. dass bei gleichmässiger Ableitung von den Hinterpfoten bei Reizung des einen Ischiadicus neben der Schweisssecretion sich ein aufsteigender „Secretionsstrom“ zu erkennen gab (L. Hermann und Luchsinger).

337. Veränderte Erregbarkeit des Nerven und Muskels im Elektrotonus.

Wesen des Elektrotonus.

Wird ein lebendiger Nerv in einer bestimmten Strecke von einem constanten elektrischen („polarisirenden“) Strome durchflossen, so geht er in den Zustand einer veränderten Erregbarkeit über (Nobili, Valentin, Eckhard, Pflüger), den man den elektrotonischen Zustand oder einfach Elektrotonus nennt (Du Bois-Reymond). Der Zustand der veränderten Erregbarkeit erstreckt sich nicht allein über die durchströmte (intrapolare) Strecke, sondern sie theilt sich dem gesammten Nerven mit. — Pflüger hat das folgende Gesetz des Elektrotonus aufgedeckt:

Verminderte Erregbarkeit im Anelektrotonus; vermehrte im Katelektrotonus.

Am positiven Pole (Anode) ist die Erregbarkeit vermindert, hier herrscht der Anelektrotonus; am negativen Pole (Kathode) ist sie erhöht, die hier herrschende gesteigerte Erregbarkeit heisst Katelektrotonus. In der Nähe der Pole selbst ist diese Veränderung der Erregbarkeit am bedeutendsten.

Intrapolare Strecke. Indifferenzpunkt.

In der intrapolaren Strecke muss natürlich ein Punkt vorhanden sein, wo Anelektrotonus und Katelektrotonus sich begrenzen, wo also die Erregbarkeit unverändert ist: diesen Punkt nennt man den Indifferenzpunkt. Derselbe liegt bei schwachen Strömen nahe der Anode, bei starken jedoch nahe der Kathode; daher ist im ersteren Falle fast die ganze intrapolare Strecke höher erregbar, im letzteren Falle weniger erregbar. Sehr starke Ströme setzen das Leitungsvermögen an der Anode sehr herab, sie können sogar völlig leitungsunfähig machen.

Extrapolare Strecke.

Ausserhalb der Elektroden („extrapolar“) dehnt sich der Bereich der veränderten Erregbarkeit um so weiter aus, je stärker der Strom ist. Ferner ist bei den schwächsten Strömen die Strecke des extrapolaren Anelektrotonus grösser, als die des extrapolaren Katelektrotonus; bei starken Strömen kehrt sich dieses Verhältniss um.

Wird der polarisirende Strom geöffnet, so zeigt sich zuerst eine Umkehrung der Erregbarkeitsverhältnisse; darauf folgt Uebergang in den normalen Erregbarkeitszustand des ruhenden Nerven (Pflüger). Im allerersten Momente der Schliessung beobachtete Wundt, dass die Erregbarkeit des ganzen Nerven erhöht sei.

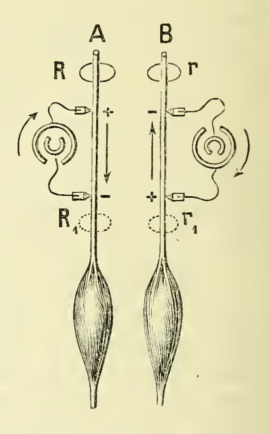
Elektrotonus des Bewegungsnerven.

I. Prüfung des Elektrotonus am motorischen Nerven. Um die Gesetze des Elektrotonus am motorischen Nerven zu zeigen, wird das aus Unterschenkel und Hüftnerv bestehende Froschnervenpräparat genommen (Fig. 135). Vermittelst unpolarisirbarer Elektroden (Fig. 131 II) wird der Strom einer constanten Kette (pg. 634) dem Nerven zugeleitet innerhalb einer beschränkten Strecke. Es wird nun an dem Nerven entweder im Bereiche der Anode, oder der Kathode ein Reiz angebracht (elektrischer Schlag, oder chemische Reizung durch Auftragen von Kochsalz), und man prüft nun, ob die durch den

Reiz erfolgenden Zuckungen in ihrer Grösse variiren, wenn die polarisirende Kette geöffnet, oder wenn sie geschlossen ist. Die Zuckungen selbst kann der Wadenmuskel durch das Myographium verzeichnen. Wir wollen hier folgende Fälle behandeln: — *a) Absteigender extrapolarer Anelektrotonus* (d. h. es handelt sich bei absteigendem Strome um die Prüfung der Erregbarkeit an der Anode innerhalb der extrapolaren Strecke). Bewirkt in diesem Falle (A) der Reiz (Kochsalz), welches bei R applicirt ist (während zunächst noch die Kette geöffnet war), mässig grosse Zuckungen im Schenkel, so werden diese sofort schwächer oder erlöschen, sobald der constante Strom durch den Nerven geleitet wird. Nach der Oeffnung treten die Salzzuckungen wieder in ursprünglicher Stärke hervor. — *b) Absteigender extrapolarer Katelektrotonus (A):* das reizende Salz liegt bei R_1; die durch dasselbe bewirkten Zuckungen vergrössern sich sofort nach Schluss der polarisirenden Kette. Nach Oeffnung derselben werden sie wieder geschwächt. — *c) Aufsteigender extrapolarer Anelektrotonus (B):* das Salz liegt bei r_1; die vor Schluss der Kette bestehenden mittelstarken Salzzuckungen werden nach Schliessung schwächer. — *d) Aufsteigender extrapolarer Katelektrotonus (B):* das Salz liegt bei r. In diesem Falle muss unterschieden werden nach der Stärke des polarisirenden Stromes. 1. Ist der Strom sehr schwach, wie man ihn mit Hilfe des Rheochords leicht passend herstellt, so zeigt sich nach Schliessung der polarisirenden Kette Vergrösserung der Salzzuckungen. — 2. Ist jedoch der Strom stärker, so werden die Salzzuckungen kleiner oder sogar völlig ausgelöscht. Der Grund dieses letzteren anscheinend abweichenden Verhaltens liegt darin, dass unter dem Einflusse starker Ströme das Leitungsvermögen an der Anode herabgesetzt, oder selbst vernichtet ist (siehe oben). Obwohl daher in diesem Falle das Salz auf eine reizbarere Nervenstrecke wirkt, so kommt die Wirkung im Muskel nicht zur Erscheinung, da sich ihrer Fortleitung bis zu demselben Hindernisse in den Weg stellen.

Absteigender extrapolarer Anelektrotonus. *Absteigender extrapolarer Katelektrotonus.* *Aufsteigender extrapolarer Anelektrotonus.* *Aufsteigender extrapolarer Katelektrotonus.*

Fig. 136.



Prüfung der Erregbarkeit im Elektrotonus.

Prüfung des Elektrotonus durch die negative Stromesschwankung. Man kann die Gesetze des Elektrotonus auch an einem völlig isolirten Nerven zeigen. Das eine Ende desselben bringt man auf die Zuleitungsgefässe eines Galvanometers zur Erzeugung eines starken Stromes. Die polarisirende Kette liegt in einiger Entfernung am Nerven. Wird nun der Nerv bei geschlossener Kette in der anelektrotonischen Strecke gereizt (etwa durch Inductionsschläge), so zeigt sich die negative Stromesschwankung schwächer, als wenn die polarisirende Kette offen war. Umgekehrt ist sie stärker, wenn in der katelektrotonischen Strecke gereizt wurde (Bernstein).

Prüfung am Menschen. Alb. Eulenburg zeigte, dass man das Gesetz des Elektrotonus auch am Menschen nachweisen kann. Schickt man durch den N. medianus am Vorderarm einen constanten Strom, so zucken die Muskeln des Daumenballens stärker, wenn man nunmehr dicht an der Kathode den Nerven zuckungserregend elektrisch reizt, schwächer jedoch, wenn an der Anode die Reizung geschieht.

Elektrotonus des centripetal leitenden Nerven. **II. Prüfung des Elektrotonus am sensiblen Nerven.** An einem enthaupteten Frosche wird an einer Seite der Hüftnerv völlig frei präparirt und isolirt. Wird dieser an einer Stelle mit Kochsalz gereizt, so treten durch das intacte Rückenmark hindurch Reflexzuckungen in dem anderen Beine auf. Diese verschwinden, sobald man an dem Nerven einen constanten Strom so schliesst, dass das Salz in der anelektrotonischen Strecke liegt (Pflüger und Zurhelle).

III. Prüfung des Elektrotonus am Hemmungsnerven. Um die Wirkung der herzhemmenden Vagusfasern im Elektrotonus zu erfahren, verfuhr ich in folgender Weise. Wenn man bei Kaninchen Dyspnoe erregt, so vermindert sich die Zahl der Herzschläge, weil die dyspnoische Blutmischung das Herzhemmungscentrum in der Medulla oblongata reizt. Wird in diesem Zustande am Stamme des Vagus (nachdem der der anderen Seite durchschnitten ist) ein constanter Strom absteigend geschlossen, so vermehren sich die Pulsschläge wieder (absteigender extrapolarer Anelektrotonus). Wird hingegen der Strom aufsteigend durch den Nerven gesendet, so nimmt bei schwachen Strömen der Herzschlag an Zahl noch mehr ab, bei starken Strömen jedoch vermehrt sich die Zahl der Herzschläge (aufsteigender extrapolarer Katelektrotonus). Es ergibt sich also hieraus, dass die Wirkung der Hemmungsnerven im Elektrotonus gerade die entgegengesetzte ist von der der Bewegungsnerven.

Elektrotonus der Hemmungsnerven.

Beim Muskel befindet sich während des Elektrotonus nur die intrapolare Strecke in dem Zustande der veränderten Erregbarkeit. Auch die Verzögerung in der Leitung erstreckt sich nur auf diesen Bezirk (v. Bezold).

Elektrotonus im Muskel.

338. Das Entstehen und Verschwinden des Elektrotonus.

Gesetz der Schliessungs- und Oeffnungsreizung.

Sowohl im Momente des Entstehens, als auch in dem des Verschwindens des Elektrotonus (also bei Schliessung und Oeffnung der Kette) erleidet der Nerv eine Reizung [in Folge derer bei motorischen Nerven eine Zuckung, bei sensiblen eine Empfindung ausgelöst wird]. — 1. Beim Schluss der Kette findet diese Reizung nur an der Kathode statt, also im Momente, wo der Katelektrotonus entsteht. — 2. Bei der Oeffnung des Stromes erfolgt die Reizung nur an der Anode, also im Momente, in welchem der Anelektrotonus vergeht. — 3. Von diesen beiden Reizen ist der beim Entstehen des Katelektrotonus auftretende stärker, als der durch Verschwinden des Anelektrotonus erzeugte (Pflüger).

Beweis der Reizung der Anoden-Oeffnung.

Dass die Reizung bei der Oeffnung des Stromes allein von der Anode herrührt, bewies Pflüger in folgender Weise mit Hilfe des Ritter'schen Oeffnungstetanus. Letzterer besteht darin, dass, wenn man durch eine längere Nervenstrecke einen stärkeren constanten Strom geleitet hat, nach der Oeffnung ein länger dauernder Tetanus entsteht. War der Strom absteigend gewesen, so hörte dieser Tetanus sofort auf nach Durchschneidung der intrapolaren Nervenstrecke, ein Beweis, dass die (tetanische) Reizung von der (nunmehr abgeschnittenen) Anode herkommt. War der Strom aufsteigend, so hat dieselbe Operation kein Verschwinden des Tetanus zur Folge. — v. Bezold fand den Beweis dafür, dass die Schliessungszuckung von der Kathode, die Oeffnungszuckung von der Anode ausgehe, darin, dass er beim absteigenden Strom die Schliessungszuckung nach dem Momente der Schliessung früher, die Oeffnungszuckung nach dem Momente der Oeffnung später im Muskel eintreten sah, und umgekehrt bei aufsteigendem Strome die Schliessungszuckung später, die Oeffnungszuckung früher. Die beobachtete Zeitdifferenz entspricht der Fortpflanzungszeit des Reizes durch die intrapolare Strecke.

Beweis der Reizung der Kathoden-Schliessung.

Das Gesetz der Erregung gilt für alle Arten der Nerven.

Zuckungsgesetz.

1. Das Zuckungsgesetz. Die bei Schliessung und Oeffnung der Kette auftretenden Zuckungen zeigen je nach der Stärke der Ströme Verschiedenheiten:

1. Sehr schwache Ströme bewirken (in Gemässheit des dritten vorbenannten Hauptsatzes) sowohl bei absteigendem Strome, als auch bei aufsteigendem Strome nur Schliessungs-Zuckung. Das Verschwinden des Anelektrotonus ist ein so schwacher Reiz, dass der Nerv noch gar nicht darauf reagirt.

2. Mittelstarke Ströme bewirken aufsteigend oder absteigend sowohl Schliessungs-, als auch Oeffnungszuckung.

3. Sehr starke Ströme zeigen absteigend nur Schliessungszuckung; die Oeffnungszuckung fehlt, weil im Elektrotonus bei sehr starken Strömen fast die ganze intrapolare Strecke leitungsunfähig geworden ist. — Aufsteigende Ströme haben nur Oeffnungszuckung zur Folge aus demselben Grunde.

Zuckungsgesetz des absterbenden Nerven.

Der im Absterben nach dem Ritter-Valli'schen Gesetze seine Erregbarkeit ändernde Nerv zeigt auch ein modificirtes Zuckungsgesetz (pg. 627·7). Im Stadium der erhöhten Erregbarkeit nämlich zeigen schwache Ströme beider Richtungen nur Schliessungszuckung. Im folgenden Stadium des beginnenden Sinkens der Erregbarkeit zeigen schwache Ströme beider Richtungen Schliessungs- und Oeffnungszuckung; endlich im Stadium stark verminderter Erregbarkeit hat der absteigende Strom nur Schliessungs-, der aufsteigende nur Oeffnungszuckung zur Folge (Ritter).

Da die verschiedenen Erregbarkeitsstadien durch die Nervenbahn centrifugal fortschreiten, so kann man an den verschiedenen Nervenstrecken oft gleichzeitig die verschiedenen Stadien vorfinden.

Nach Valentin soll der lebende völlig unversehrte Nerv nur Schliessungszuckungen bei jeder Stromrichtung zeigen; nur bei grösserer Stromstärke auch Oeffnungszuckungen.

Bildlicher Vergleich des Zuckungsgesetzes.

Pflüger hat das Zuckungsgesetz durch eine bildliche Darstellung versinnlicht. Nach ihm befinden sich die Moleküle des ruhenden Nerven im Zustande einer gewissen mittleren Beweglichkeit. Im Katelektrotonus ist die Beweglichkeit der Moleküle erhöht; im Anelektrotonus hingegegen herabgesetzt. Hiernach wirkt es also als ein Reiz, wenn die Nerven-Moleküle aus dem Ruhezustand in den leicht beweglichen, — oder wenn sie aus dem schwerbeweglichen in den der mittleren Beweglichkeit (der Ruhe) übergehen.

Erregungsgesetz für die Hemmungsnerven.

2. Analoge Erscheinungen, wie sie das Zuckungsgesetz für die motorischen Nerven liefert, lassen sich auch für die Hemmungsnerven feststellen. Moleschott, v. Bezold, Donders haben nach dieser Richtung hin den Herzvagus untersucht. Die Resultate entsprechen durchaus den an motorischen Nerven gewonnenen, nur dass natürlich der im Bewegungsnerven eintretenden Zuckung hier eine Hemmung der Herzschläge entspricht.

Pflüger's Gesetz der elektrischen Empfindungen.

3. Ebenfalls gleichmässig verhalten sich auch die Gefühlsnerven, nur muss natürlich berücksichtigt werden, dass das percipirende Organ hier am centralen Ende der Nervenbahn liegt, während es sich beim motorischen Nerven am peripherischen Ende (Muskel) findet. Schwache Ströme bewirken bei beiden Stromesrichtungen nur Schliessungsempfindung; starke absteigende nur Oeffnungsempfindung, starke aufsteigende schliesslich nur Schliessungsempfindung. Während des Geschlossenseins der Kette herrscht ein prickelnd-

brennendes Gefühl, das mit der Stromstärke zunimmt (Volta). Die an den Sinnesnerven beobachteten Erscheinungen (Licht- und Klangempfindungen) sind den vorstehenden analog (Volta, Ritter).

Zuckungsgesetz am Muskel.

4. Am Muskel wird das Zuckungsgesetz in der Weise geprüft, dass man das eine Ende desselben ausgespannt erhält, so dass es sich nicht verkürzen kann und an diesem die Kette schliesst und öffnet. Es zeigt dann das bewegliche Ende genau dasselbe Gesetz der Zuckungen, als wäre der motorische Nerv gereizt (v. Bezold). Bei der Schliessung beginnt die Zuckung an der Kathode, bei der Oeffnung an der Anode (Engelmann). Wird der ganze Muskel in den Stromkreis eingeschaltet, so ist die Schliessungszuckung bei beiden Stromrichtungen vorherrschend; während des Geschlossenseins zeigt sich bei aufsteigendem Strome am stärksten eine dauernde Contraction (Wundt).

Wirkung des Elektrodenabstandes.

Die Kathodenschliessung ist um so wirksamer, je näher dieselbe dem Muskel geschieht, — die Anodenöffnung jedoch, je entfernter am Nerv die Anode liegt (Willy).

Volta-Ritter'sche Nachwirkungen.

Ist ein Nerv oder Muskel längere Zeit von einem constanten Strome durchflossen gewesen, so zeigt sich oft ein dauernder Tetanus nach der Oeffnung (der schon besprochene Ritter'sche Oeffnungstetanus). Schliessung der ursprünglichen Stromesrichtung beseitigt ihn wieder, hingegen Schliessung eines entgegengesetzten Stromes verstärkt denselben.

339. Schnelligkeit der Leitung der Erregung im Nerven.

Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im motorischen Nerven.

1. Wird ein motorischer Nerv an seinem centralen Ende gereizt, so pflanzt sich die Erregung durch die Bahn des Nerven hindurch bis zum Muskel mit einer grossen Geschwindigkeit fort, welche für den Hüftnerven des Frosches 27 Meter in einer Secunde (Helmholtz), für den motorischen des Menschen 33,9 Meter in einer Secunde beträgt (Helmholtz und Baxt).

Einflüsse darauf.

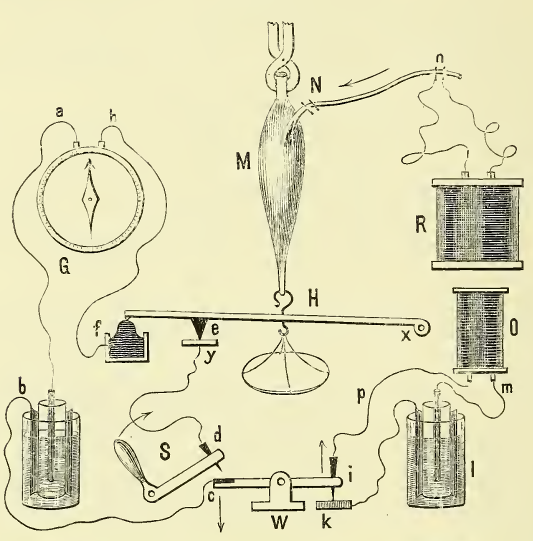
Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit unterliegt einigen Einflüssen: Abkühlung des Nerven, Wirkung des Curare, der elektrotonische Zustand verzögert sie. Sie nimmt ferner mit der Länge der leitenden Strecke ab (H. Munk), jedoch mit der Stärke des Reizes zu.

Helmholtz' Methode der Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im motorischen Froschnerven.

Helmholtz bestimmte für den motorischen Froschnerven die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung nach der Methode von Pouillet in folgender Weise: Die Methode beruht darauf, dass die Nadel des Galvanometers durch einen nur kurze Zeit dauernden Strom abgelenkt wird: — die Grösse der Ablenkung ist proportional der Dauer und der (hier bekannten) Stärke des Stromes. Die Methode selbst wird nun so verwendet, dass man den Strom („zeitmessenden Strom") schliesst in dem Momente, in welchem der Nerv gereizt wird, und ihn wieder öffnen lässt, wenn der Muskel zuckt. Reizt man nun den Nerven einmal an dem äussersten centralen Ende, das zweite Mal dicht an seinem Eintritte in den Muskel, so wird in letzterem Falle die Zeit zwischen Reizbeginn und Zuckung kürzer sein (also der Galvanometerausschlag geringer ausfallen), als im ersteren Falle, da der Reiz durch den ganzen Nerven bis zum Muskel hin zu verlaufen hat. Die Differenz beider Zeiten ist die Fortpflanzungszeit für den Reiz in der untersuchten Nervenstrecke.

Im Einzelnen gibt die Fig. 137 die Versuchsanordnung in schematischem Aufriss. Das Galvanometer G wird in den (vorläufig noch offenen), den zeitmessenden Strom liefernden, Kreis a—b (Element) — c (Platinstück auf der Wippe W) — d—e—f—h eingeschaltet. Der Schluss erfolgt durch das Niederdrücken des Hebels S, wobei d die Platinplatte der Wippe W niederdrückt. Sofort mit dem beginnenden Schluss schlägt die Magnetnadel aus; die Grösse des Ausschlages wird festgestellt. In demselben Momente nun, in welchem der Strom zwischen c und d geschlossen wird, wird durch Erhebung des Endes der Wippe bei i der primäre Kreis des Inductionsapparates geöffnet (dessen Kreis ist: i—k—l (Element) — m—o (primäre Spirale) — p). Hierdurch wird in der Inductionsspirale R ein Oeffnungsschlag inducirt, der den Nerven des aufgehängten Froschschenkels bei n reizt. (Es fällt also die Schliessung

Fig. 137.



Helmholtz's Methode zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Nervenreizes.

des Galvanometerkreises zeitlich genau zusammen mit der Reizung des Nerven.) Der Reiz pflanzt sich durch den Nerven zum Muskel (M) hin fort; letzterer zuckt, sobald er ihn erreicht hat und öffnet durch Erhebung des Hebels H (der um x drehbar ist), den zeitmessenden Strom bei dem Doppelcontacte e und f. Im Momente der Oeffnung hört der weitere Ausschlag der Magnetnadel auf. [Der Contact in f besteht aus der zu einem Faden ausgezogenen Quecksilberkuppe. Senkt sich nach der Zuckung des Muskels der Hebel H nieder, so dass die Spitze e auf die darunter liegende feste Platte y zurücksinkt, so bleibt der Contact bei f dennoch offen, also auch der Galvanometerkreis.] Wird zuerst der Nerv durch den Oeffnungsschlag bei n, dann bei N gereizt, so ist im ersteren Falle der Ausschlag der Nadel grösser, als im letzteren. Aus der Differenz berechnet man die Zeit, welche die der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in der Strecke n N des untersuchten Nerven ist.

Bestimmung der Leitungsgeschwindigkeit im N. medianus.

Am N. medianus des Menschen bestimmten Helmholtz und Baxt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Reizes dadurch, dass sie die Musculatur des Daumenballens ihre Zuckung (Dickencurve) mittelst eines Hebels auf einen schnellrotirenden Cylinder aufschreiben liessen. Die Reizung des Nerven geschah

das eine Mal in der Achselhöhle, das zweite Mal am Handgelenke. An beiden Zuckungscurven zeigten sich natürlich die Zeiten der latenten Reizung. Die Differenz der Zeitwerthe für diese beiden gibt die Zeit für die Leitung in der vorliegenden Nervenstrecke. (Beim Versuche wird der ganze Arm, behufs Erzielung der Ruhe in den Armmuskeln, in einen Gypsverband eingeschlossen.)

2. Im sensiblen Nerven des Menschen pflanzt sich die Erregung wahrscheinlich ebenso schnell, wie im motorischen fort [die ermittelten Werthe schwanken allerdings in der erheblichen Breite zwischen 94 bis 30 Meter in einer Secunde (Helmholtz, Kohlrausch, v. Wittich, Schelske, Hirsch, de Jaager u. A.)].

Methode der Bestimmung.

Die Methode der Untersuchung ist folgende: Bei einer Versuchsperson werden hintereinander zwei möglichst vom Gehirne ungleich weit entfernte Punkte momentan gereizt (z. B. die Ohrmuschel und die grosse Zehe, etwa durch einen Inductions-Oeffnungsschlag); das Reizmoment wird markirt (etwa durch das Beginnen der Schwingungen der Stimmgabelplatte, indem das Abreissen der Klammer von der Stimmgabel zugleich den primären Stromkreis öffnet (vgl. pag. 555). Die Versuchsperson hat nun beide Male, sobald sie die Reizung empfindet, ein auf die Tafel zu vermerkendes Zeichen abzugeben.

Krankhafte Verlangsamung der Nervenleitung.

Als krankhafte Alteration der Gefühlswahrnehmungen namentlich Rückenmarkskranker hat man mitunter die merkwürdige Beobachtung einer auffallend verspäteten Leitung in den Gefühlsnerven der Haut gemacht. Hierbei kann die Empfindung selbst unverändert sein. Mitunter sah man blos die Leitung der Schmerzempfindung verlangsamt, so dass ein schmerzhafter Eingriff auf die Haut zuerst nur als Tastempfindung und dann als Schmerz percipirt wurde. Ist der zeitliche Abstand in diesen beiden Wahrnehmungen besonders gross, so kommt es zu einer völlig getrennten Doppelwahrnehmung (Naunyn, E. Remak, Alb. Eulenburg).

340. Doppelsinnige Nervenleitung.

Leitungsvermögen.

Diejenige Eigenschaft des lebendigen Nerven, welche ihn befähigt, einen empfangenen Reiz durch seine Bahn hindurch fortzupflanzen, wird sein Leitungsvermögen genannt. — Alle Eingriffe, welche im Verlaufe der Bahn den Nerven entweder in seiner Continuität verletzen (Durchschneidung, Unterbindung, Abquetschung durch Druck, chemische Zerstörung), oder an einer Stelle seine Erregbarkeit vernichten (absoluter Blutmangel; gewisse Gifte, z. B. Curare für die motorischen Nerven; auch starker Anelektrotonus, vgl. 652. 3) zerstören das Leitungsvermögen. Die Leitung geschieht stets nur durch direct in Verbindung stehende Fasern; niemals vermag die Leitung auf eine nebenliegende Faser übertragen zu werden (Gesetz der isolirten Leitung).

Unterbrechung der Leitung.

Gesetz der isolirten Leitung.

Die doppelsinnige Nervenleitung.

Die Untersuchungen an den Nerven haben nun ergeben, dass in denselben (trotzdem es den Anschein hat, als würde in den motorischen Nerven die Leitung nur in der Richtung zum Muskel hin, also centrifugal, — und in dem sensiblen Nerven nur in der Richtung zum Centrum hin, also centripetal fortgepflanzt) die Fortleitung der Erregung nach beiden Seiten hin statt hat. Wird also ein Nervenstamm an irgend

einer Stelle seines Verlaufes erregt, so pflanzt sich die Erregung centripetal und centrifugal zugleich fort. Diese Erscheinung nennt man die doppelsinnige Leitung.

Beweise. Die Beweise, welche man für das Vorhandensein der doppelsinnigen Leitung beigebracht hat, sind folgende:

Elektrische Beobachtungen. 1. Wird ein Nerv gereizt, so zeigen sich in der Richtung aufwärts und abwärts am Stamme Veränderungen seiner elektrischen Eigenschaften (siehe negative Stromesschwankung im Nerven, pag. 644).

Verheilung des Lingualis und Hypoglossus. 2. Durchschneidet man beim Hunde den N. hypoglossus und den Lingualis und lässt sodann (durch Nervennähte adaptirt) das peripherische Hypoglossusende mit dem centralen Lingualisstumpfe zusammenwachsen (Bidder), so zeigt sich (nach Restitution innerhalb einiger Monate), dass die Reizung des centralen Lingualisendes Zuckungen in der Zungenhälfte zur Folge hat. Es muss sich also in dem Lingualis (dem sensiblen Zungennerv) in diesem Falle die Erregung peripherisch in das Hypoglossus-Ende fortpflanzen.

Bedenken hierüber. Ich vermag mit Vulpian diesem Versuche keine zwingende Beweiskraft zuzuerkennen, weil der Lingualisstamm schon hoch oben durch die Chorda tympani (aus dem N. facialis) centrifugale Fasern beigemischt erhält, die mit peripheren (motorischen) des Hypoglossus zusammenzuheilen vermögen. Wenn ferner vor dem vorhin besprochenen Verheilungsversuche die Chorda ausgerottet wird, so soll der schliessliche Frfolg ausbleiben. [Nach Vulpian soll sogar nach blosser Durchschneidung des Hypoglossus der Lingualis deutlicher motorisch wirksam werden (vgl. pag. 552. 6); was jedoch Eckhard wohl mit Recht bestreitet.]

Umwendung des Rattenschwanzes. 3. Paul Bert enthäutete die Spitze des Rattenschwanzes und befestigte und verheilte dieselbe unter der Rückenhaut. Nachdem hier eine völlige Verwachsung eingetreten war, wurde die Schwanzwurzel durchschnitten, so dass also nun der Schwanz mit dem peripheren Ende in der Rückenhaut wurzelte. Auf Reizung zeigte sich Empfindung im Schwanze, so dass also nun der Reiz in den Gefühlsnerven von der Wurzel gegen die Spitze hin sich fortpflanzen musste.

Versuch am elektrischen Nerven. 4. Wird beim Zitterwelse das hintere freie Ende des elektrischen centrifugalleitenden Nerven gereizt, so gerathen die oberhalb davon abgehenden Fasern in Miterregung, so dass sich das ganze elektrische Organ entladet (Babuchin).

Ueber die paradoxe Zuckung, die nicht hierher zum Beweise angezogen werden kann, siehe pg. 646.

341. Anwendung der Elektricität zu Heilzwecken.

Die Elektricität wird vielfach in der Medicin zu Heilzwecken angewandt, und zwar kommen ganz vorwiegend theils die schnell unterbrochenen Ströme des Inductionsapparates (pg. 637) (faradische Ströme, namentlich seit Duchenne 1847), der magnetelektromotorischen Maschinen (pg. 638), oder der Extrastrom-Apparate (pg. 636), — theils die constanten Kettenströme (pg. 634) (zumal seit Remak 1855) zur Anwendung.

Es mögen hier über die Anwendung einige wichtige Gesichtspunkte nach Alb. Eulenburg Platz finden.

Die Anwendung der Elektricität gründet sich auf die physikalischen und physiologischen Eigenschaften derselben.

Anwendung inducirter Ströme bei Lähmungen.

I. Bei Lähmungen werden faradische Ströme mittelst passender, mit Schwämmen überdeckter, nasser Elektroden entweder auf den Muskel selbst (Duchenne), oder auf die Eintrittsstelle des motorischen Nerven (Ziemssen) applicirt. Man ist hierbei zunächst von der Intention geleitet, den gelähmten Muskel durch die künstlich erregten Bewegungen vor secundärer Entartung zu schützen, der er bei andauernder Unthätigkeit anheimfallen würde. Sind für den gelähmten Muskel neben seinen motorischen Nerven auch noch seine trophischen unthätig, so hat leider selbst eine anhaltende Faradisation keinen durchschlagenden Erfolg, da die Muskeln trotz derselben atrophiren.

Die Anwendung der inducirten Ströme kann aber auch dadurch den gelähmten Muskeln einen Vortheil bringen, dass sie den Blutgehalt der Muskeln vermehren und reflectorisch auf den Stoffwechsel in den Muskeln einwirken. — Schwache Inductionsströme vermögen überdies die Erregbarkeit geschwächter Nerven wieder zu beleben (v. Bezold, Engelmann).

Wirkung des Kettenstromes bei Lähmungen. Polare Wirkung.

Der constante Strom verdient bei den Lähmungen nicht sowohl als Reiz durch Hervorrufen von Zuckungen (beim Schliessen, Oeffnen, Wenden, Verstärken, Verschwächen des Stromes) Beachtung, als vielmehr durch die sogenannte polare Wirkung. Beim Schluss der Kette wird nämlich der Nerv an der Kathode in Erregung versetzt, ebenso beim Oeffnen der Kette an der Anode (vgl. pg. 651, 1). Sodann ist während des Geschlossenseins der Kette am Nerven die Erregbarkeit erhöht an der Kathode (vgl. pg. 649), wodurch also heilkräftigend auf den Nerven eingewirkt werden kann. Beim Menschen hat man jedoch bei percutaner Galvanisation auch an der Anode gesteigerte Erregbarkeit im Elektrotonus gesehen, wenngleich auch meist schwächer, als an der Kathode. Man sieht dies zumal bei wiederholter Wendung des Stromes, aber auch nach Schliessung und Oeffnung, oder gar bei gleichmässigem Strömen. Wird der durch den Strom gewonnene Zuwachs der Erregbarkeit geprüft, so zeigt sich, dass durch die Richtung des Stromes die Erregbarkeit für die Schliessung des entgegengesetzten Stromes und für die Oeffnung des gleichgerichteten erhöht wird.

Erfrischende Wirkung.

Weiterhin kommt bei Anwendung des Kettenstromes seine recreirende Wirkung in Betracht, zumal des aufsteigenden, da R. Heidenhain gefunden hat, dass ermüdete und geschwächte Muskeln durch das Durchleiten eines constanten Stromes erfrischt werden (pg. 570).

Katalytische und kataphorische Wirkung des constanten Stromes.

Schliesslich muss dem constanten Strome noch eine Heilwirkung durch seine katalytische oder kataphorische (pg. 635) Wirkung zugesprochen werden, wodurch er lösend, zertheilend und ableitend wirkt auf etwa angehäufte Entzündungs- oder Stauungsproducte im Nerven oder Muskel. Die Wirkung wird sich hier direct auf die Gewebselemente geltend machen. Der Strom kann daneben aber auch noch unterstützend entweder direct oder reflectorisch auf die Nerven der Blut- und Lymphgefässe einwirken.

Methode der Faradisation bei Lähmungen.

Liegt das Primäre der Lähmung im Muskel selbst, so pflegt man den inducirten Strom mittelst der Schwammelektroden auch direct auf den Muskel selbst zu appliciren; bei primären Leiden des motorischen Nerven wird jedoch dieser als Angriffspunkt gewählt. Diese Ströme dürfen nur sehr mässig stark sein; starke tetanische Contractionen sind als schädlich zu vermeiden, ebenso zu anhaltende Einwirkung (Alb. Eulenburg).

Methode der Anwendung des constanten Stromes.

Der galvanische Strom kann gleichfalls entweder auf den Muskel allein, oder auf den motorischen Nerven (beziehungsweise sogar auf sein Centrum), oder auf Nerv und Muskel zugleich angewandt werden. In der Regel soll dabei die Kathode dem Centrum näher liegen, da unter ihrem Einflusse sich die Erregbarkeit steigert. Ein Streichen längs des Nerven mit der Elektrode, sowie Variation in der Stromstärke gilt als die Wirkung begünstigend. Beim Sitz der Lähmung in den Centralorganen ist die Galvanisation längs der Wirbelsäule, oder an Wirbelsäule und Nervenverlauf zugleich, oder am Kopfe, und zwar möglichst an dem vermutheten Orte der Erkrankung in Gebrauch. Vor zu grosser Stromstärke und zu langer Dauer der Einwirkung ist zu warnen (Alb. Eulenburg).

Unterschied in der Reaction gelähmter Muskeln und Nerven gegen den constanten und faradischen Strom.

Ganz besonders beachtenswerth erscheint hier noch das verschiedenartige Verhalten der gelähmten Nerven und Muskeln gegen den inducirten (schnell unterbrochenen) und gegen den constanten Strom. Zunächst ist die physiologische Thatsache zu bemerken, dass die zu absterbenden Nerven gehörigen Muskeln (pg. 625), ferner Muskeln eines curarisirten Thieres auf schnell unterbrochene faradische Ströme viel weniger reagiren, als frische nicht curarisirte Muskeln. Baierlacher fand 1859, dass bei einer Facialislähmung die Gesichtsmuskeln auf den inducirten Strom nur äusserst schwach, auf den constanten jedoch sehr energisch sich contrahirten. Es kann sogar die Erregbarkeit für den constanten Strom abnorm erhöht sein (Bened. Schulz in Wien), die später bei der Heilung der Lähmung wieder verschwindet. Nach Neumann soll es die längere Dauer des constanten Stromes sein (der momentanen Schliessung und Oeffnung des inducirten gegenüber), welche die Möglichkeit der Zuckung zulässt. Unterbricht man nämlich den Kettenstrom ebenso schnell, wie der faradische unterbrochen wird, so ist auch der constante Strom unwirksam. Umgekehrt kann man auch den inducirten Strom wirksam machen, wenn man ihn länger andauern lässt. Man kann letzteres an dem Schlittenapparat so vollführen, dass man den primären Kreis geschlossen hält und die Inductionsrolle auf dem Schlitten auf und nieder zieht. Hierdurch entstehen langsam an- und abschwellende Inductionsströme, welche nun auch energisch auf curarisirte Muskeln zuckungserregend wirken (Brücke). Es kommt also bei der Erregung von Muskel und Nerv nicht allein die Stärke, sondern auch die Dauer der Ströme in Betracht, gerade so wie auch die Ablenkung der Boussole von beiden Momenten abhängig ist (Neumann).

Anwendung des constanten Stromes bei Krampfformen.

II. Bei den verschiedenen Formen des Krampfes (Spasmus, Contractur, Zitterkrampf) ist vornehmlich dem constanten Strome Wirksamkeit zugesprochen (Remak). Hier soll einmal durch Wirkung des Anelektrotonus eine pathologisch gesteigerte Erregbarkeit der Nerven oder Muskeln gedämpft werden. Es ist daher die Anode auf diese selbst zu appliciren, oder, falls es sich um Reflexkrämpfe handelt, auf jene Punkte, die als die eigentlichen Quellen der pathologischen Erregungen erkannt sind. Völlig gleichmässige, schwache Ströme gelten als besonders wirksam. — Der constante Strom kann aber auch durch seine katalytische Wirkung, durch welche er an Stelle der Erkrankung Reize entfernt, günstig wirken. — Endlich ist es seit Remak vielfach beobachtet, dass unter des constanten Stromes Anwendung sich die Willensherrschaft über die afficirten motorischen Apparate steigert. Bei Krämpfen centralen Ursprunges kann auch der constante Strom auf die Centralorgane selbst angewendet werden.

Faradisation bei Krämpfen.

Die Faradisation kommt bei Krampfformen einmal in Betracht zur Stärkung etwa geschwächter Antagonisten. Sodann aber sollen faradisirte in Contractur befindliche Muskeln eine grössere Dehnbarkeit gewinnen (Remak), da ja der in der physiologischen activen Zusammenziehung befindliche Muskel dehnbarer ist (vgl. pg. 565).

Bei Behandlung der Anästhesien der Haut ist zunächst auf die Haut selbst erregend einzuwirken, wobei vielfach der Inductionsstrom mit Drahtpinselelektrode in Anwendung kommt. Bei Anwendung des constanten Stromes würde die Kathode auf der unempfindlichen Stelle zur Verwendung kommen. Man kann sogar mit sehr starken Strömen bis zur Blasenbildung auf der Haut vorgehen. Auf den etwaigen centralen Sitz des Leidens ist nur mit dem constanten Strome einzuwirken; man würde auch hier Bedacht nehmen, inwieweit durch Etablirung des Katelektrotonus im Centralherde dem Darniederliegen der Empfindungen aufzuhelfen wäre.

Anwendung des faradischen Stromes bei Neuralgien.

III. Bei Hyperästhesien und Neuralgien werden faradische Ströme einmal von dem Gesichtspunkte aus applicirt, um durch energische Anwendung die erregten Hautstellen durch Ueberreizung gewissermassen zu übertäuben. Zu dem Behufe findet mit starken Strömen durch den Drahtpinsel eine Geisselung statt, ja man lässt den Pinsel bei andauernder Application sogar als elektrische Moxe einwirken. Ausser dieser örtlichen Wirkung erzeugen aber schwache Ströme

reflectorisch noch eine Beschleunigung des Blutlaufes mit verstärkter Herzaction unter Verengerung der Gefässe, während starke Ströme den entgegengesetzten Erfolg haben (O. Neumann): beides kann unter Umständen von heilkräftiger Wirkung sein.

Anwendung des constanten Stromes bei Neuralgien. Die Anwendung des constanten Stromes (Remak) bei Neuralgien bezweckt einmal durch Erregung des Anelektrotonus in der krankhaft gereizten Nervenstelle eine Herabsetzung der Erregbarkeit zu erzielen. Je nach Art des Falles kann also die Anode entweder am Nervenstamm, oder gar am Centrum angebracht werden, die Kathode an einer indifferenten Körperstelle. Sodann aber ist die katalytische und kataphorische Bedeutung sehr in Anschlag zu bringen, durch welche (zumal bei frischen rheumatischen Neuralgien) reizende Entzündungsproducte zertheilt und abgeleitet werden können. Absteigende, dauernd im Verlauf des Nerven geschlossen gehaltene, Ströme werden vornehmlich empfohlen, und erweisen sich zumal in frischen Fällen oft überraschend wirksam. Endlich vermag natürlich auch der constante Strom als Hautreiz wirkend ähnlich dem faradischen auf die Herz- und Gefässthätigkeit reflectorisch einzuwirken.

Galvanokaustik und Galvanopunctur. Es soll hier endlich noch bemerkt werden, dass man sich der Elektricität noch bedient zur Erzeugung thermischer Wirkungen in verschiedenen Formen des Kauteriums (Middeldorpf's Galvanokaustik).

Die elektrolytischen Eigenschaften der elektrischen Ströme sind verwendet worden, um in Aneurysmen oder Varicen (Blutgefüllte Arterien- und Venengeschwülste) Gerinnungen hervorzurufen (Galvanopunctur).

342. Elektrische Ladung des Gesammtkörpers und einzelner Theile.

Ladung des Gesammtkörpers. Schon der ältere Saussure hatte bei vielen auf einem Isolirschemel stehenden Menschen ihre etwaige „Ladung" elektroskopisch untersucht. Die von ihm beobachteten immerhin unregelmässigen Erscheinungen bezog er auf die Elektricität, welche durch Reibung der Kleider auf der Haut erzeugt wird. Weiterhin haben Gardini, Hemmer, Ahrens (1817), Nasse eine positive Ladung des Körpers als normal hingestellt, Sjöstén u. A. eine negative. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass alle diese, sowie auch die von Meissner beobachteten Ladungen, rein äusserlich in Frictionsphänomenen, modificirten Vertheilungswirkungen der Luft und in der Berührung heterogener Leiter begründet sind (Hankel).

Stärkere Ladungen bis zu einem wirklichen Funkengeben sind vielfach beschrieben. Ich finde die älteste Angabe bei Thom. Bartholinus (1657), der des Funkensprühens aus den Kopfhaaren Erwähnung thut. Gaub (1763), Domin. Cassini (1775) berichten Aehnliches; nach Hosford (1837) gab eine Oxforder nervöse Dame 1,5 Zoll lange Funken aus den Fingern während sie auf einem isolirenden Zimmerteppich stand. Funken beim Kämmen der Haare, oder beim Streicheln der Katzen sind seitdem zweifellos oft genug beobachtet.

Ladung einzelner Theile. Unter den verschiedenen Körperbestandtheilen hat man den frisch gelassenen Harn negativ elektrisch gefunden (Vasalli-Eandi, Volta); auch frisch gezogene Fäden der Spinnen sollen negativ elektrisch sein (Murray).

343. Vergleichendes; — Historisches.

Die elektrischen Fische. Zu den interessantesten Erscheinungen auf dem Gebiete der thierischen Elektricität gehören die elektrischen oder Zitter-Fische: [der Zitteraal, Gymnotus electricus, in den Landseen von Guyana im äquatorialen Südamerika, — die Zitterrochen, Torpedo narce und Narcine brasiliensis im Mittelmeer, (ein pseudo-elektrisches Organ hat Raja), — der Zitterwels, Malapterurus electricus, endlich auch Mormyrus, im Nil]. Vermittelst eines besonderen

Das elektrische Organ. „elektrischen Organes“ vermögen diese Thiere theils willkürlich (Aal, Wels), theils reflectorisch erregt (Rochen), heftige elektrische Schläge zu ertheilen. Das elektrische Organ besteht aus verschiedenartig geformten, durch Bindegewebe abgegrenzten und mit einer Gallertsubstanz gefüllten „Kästchen“, zu dessen einer Fläche die Nerven treten und sich hier netzförmig vertheilen. Aus den Netzen geht schliesslich eine zellenhaltige die Axencylinderendigung darstellende Platte hervor, welche die „elektrische Platte“ genannt wird (Billharz, M. Schultze). Durch Erregung der zutretenden „elektrischen Nerven“ findet die schlagartige Entladung des Organes statt. — Bei den Gymnoten liegt das Organ beiderseits an der Wirbelsäule abwärts bis zum Schwanze unter der Haut, und erhält von der vorderen Seite her mehrere Rückenmarksäste. Die Platten stehen hier vertical, und die Richtung des elektrischen Stromes ist im Fische ein aufsteigender [im ableitenden Schliessungsbogen also absteigend] (Faraday, Du Bois-Reymond).

Elektrische Platte und Nerv.

Der Zitteraal.

Der Zitterwels. Beim Zitterwels liegt das Organ ähnlich und erhält nur eine Nervenfaser (pg. 618), deren Axencylinder in der Nähe der Medulla oblongata aus einer sehr grossen Ganglienzelle entspringt. Die Platten stehen auch hier vertical und erhalten die Nerven von der hinteren Seite her; die Richtung des Stromes beim Schlage ist im Fische absteigend (Du Bois-Reymond).

Der Zitterrochen. Bei den Rochen liegt das Organ dicht unter der Haut seitlich vom Kopfe, bis zu den Brustflossen reichend. Es erhält mehrere Nerven, die aus dem Lobus electricus (zwischen Vierhügel und verlängertem Marke) entspringen. Die Platten liegen horizontal, die Nervenfäden treten zu diesen von der Bauchseite her, der Strom geht im Fische von der Bauchseite zur Rückenseite (Galvani).

Das elektrische Organ ein modificirtes motorisches Organ. Es ist im hohen Grade wahrscheinlich, dass die elektrischen Organe modificirte Muskeln sind, bei denen histologisch die Nervenendigungen hoch entwickelt, die contractile Substanz aber geschwunden ist, und bei deren physiologischer Thätigkeit die chemische Spannkraft allein in Elektricität umgesetzt wird, während die Arbeitskraft völlig fehlt. Für diese Auffassung spricht, dass in der Entwickelung die Organe analog präformirt sind wie die Muskeln (Babuchin); ferner dass die Organe ruhend neutral, thätig und abgestorben aber sauer reagiren. Beide ermüden ferner, weiterhin zeigt sich bei beiden nach erfolgter Reizung des Nerven eine „latente Reizung“, die hier 0,016 Secunden dauert, während der Schlag des Organes (der somit dem Strome im thätigen Muskel gleicht) 0,07 Secunden währt. Der Schlag selbst setzt sich aus einer ganzen Reihe kurzer Einzelschläge zusammen (Marey). Mechanische, thermische, chemische und tetanisch-elektrische Reize bewirken die Entladungsschläge (Sachs). Während des elektrischen Schlages der Fische gehen auch einige Stromfäden durch die Muskeln des Thieres selbst, letztere gerathen beim Rochen mit in Zuckungen, während sie beim Aal und Wels ruhig bleiben (Steiner). Ein Zitterrochen kann in einer Minute gegen 50 Schläge geben, dann ermüdet er und bedarf der Erholung. Abkühlung schwächt das Organ, Erwärmung gegen 22° macht es wirksamer. Durch Strychnin wird das Organ in Tetanus versetzt (Becquerel), durch Curare gelähmt (Sachs). Reizung des elektrischen Lappens des Rochen bewirkt Entladung (Matteucci).

Der Schlag dem Actionsstrom des Muskels entsprechend.

Die Substanz des elektrischen Organes ist einfachbrechend; ausgeschnittene Stücke zeigen einen ruhenden Strom, der dem Schlage gleichgerichtet ist (Sachs).

Historisches zu den Zitterfischen. **Historisches.** Schon den Alten waren die Schläge der Zitterfische des Mittelmeeres bekannt. Experimentell untersuchte zuerst Walsh (1772) die Ladung und Schlagfähigkeit des Rochen. Durch die Schläge konnte J. Davy Stahlstücke magnetisiren, die Magnetnadel ablenken und Elektrolyse bewirken. Ausser den schon genannten Forschern studirten Becquerel, Breschet und Matteucci die Richtung des Entladungsstromes, aus welchem letzterer und Linari sogar 8 bis 10 Funken erzielte. Al. v. Humboldt beschreibt die Wirkung der Gymnoten Südamerika's.

Historisches zur thierischen Elektricität. Die Forschungen über die thierische Elektricität beginnen mit Aloys Galvani (1791), der durch den Rückschlag auf Entladung der Elektrisirmaschine Zuckungen im Froschschenkel sah, und ebenso, wenn letztere in Contact

mit zwei verschiedenen Metallen geriethen. Er glaubte, dass den Nerven und Muskeln eine selbstständige Elektricitätsentwickelung zukomme. Volta hingegen leitete die Zuckung des zweiten Versuches her von einem elektrischen Strom, dessen Quelle ausserhalb des Froschpräparates an der Berührungsstelle der heterogenen Metalle belegen sei. Die Zuckung ohne Metalle Galvani's, von Al. v. Humboldt bestätigt, schien dieser Anschauung zunächst zu widersprechen. Dann zeigte letzterer, dass in den thierischen Theilen selbst zweifellos Elektricitätsquellen liegen müssten. Bunzen stellte aus Froschmuskeln zuerst eine wirksame Säule zusammen. In ein neues Stadium gelangte die Lehre durch die Entdeckung des Galvanometers und durch Du Bois-Reymond's classische Methodik; über alle diese Forschungen ist im Texte selbst berichtet.

Physiologie der peripheren Nerven.

---

344. Eintheilung der Nervenfasern nach ihrer Function.

Da den Nervenfasern die Fähigkeit zukommt, nach beiden Seiten hin die auf sie einwirkenden Erregungen fortzuleiten (pg. 655), so ist offenbar die physiologische Stellung der Nervenfasern lediglich bedingt durch ihr Verhältniss zu ihrem peripheren Endorgan und zu ihrer centralen Verknüpfung. Hierdurch ist den einzelnen Nerven ein ganz bestimmtes Gebiet eingeräumt, innerhalb dessen unter normalen Verhältnissen im intacten Körper ihre Function sich entfaltet. Diese, durch ihre anatomische Verknüpfung bedingte charakteristisch eingeengte Thätigkeit der einzelnen Nerven nennt man ihre „specifische Energie".

Specifische Energie.

Nach letzterer werden die Nervenfasern zweckmässig eingetheilt, wie folgt in:

I. Centrifugalleitende Nerven.

a) **Motorische:** Das Centrum ist eine mit Ganglienzellen ausgestattete centrale oder peripherische Nervenpartie; das Endorgan ein Muskel.

1. Bewegungsfasern der quergestreiften Muskeln (vgl. hierüber die „Physiologie des Bewegungsapparates" pg. 536 u. f.).
2. Die Bewegungsnerven des Herzens (pg. 107).
3. Die Bewegungsnerven der glatten Muskelfasern (z. B. des Darmes pg. 291). Ueber das Eigenartige der durch sie ausgelösten Bewegung ist in der Physiologie des Bewegungsapparates z. B. pg. 556 und pg. 558 gesprochen. — Eine ganz besondere Besprechung verdienen in dieser Gruppe: die „vasomotorischen" oder vasohypertonisirenden Nerven.

b) **Secretorische:** Das Centrum ist eine mit Ganglienzellen ausgestattete centrale oder periphere Nervenpartie, das Endorgan ist die Drüsenzelle.

Beispiele liefern die Speichelsecretion (pg. 267), die Schweissabsonderung (pg. 531) u. A. — Es muss an dieser Stelle besonders betont werden, dass gleichzeitig mit der Erregung der secretorischen Fasern oft auch die der Gefässnerven der Drüsen und die der etwa an ihnen vorhandenen Muskelnerven statthat. Letztere stehen aber mit der specifischen Thätigkeit der secretorischen Fasern in keiner directen Beziehung.

c) **Trophische:** Das noch unbekannte Endorgan liegt in den Geweben selbst, deren normalen Stoffwechsel und ungestörtes intactes Bestehen sie beherrschen.

d) **Hemmungsnerven,** denen die Function zukommt, eine vorhandene Bewegung oder Absonderung zu unterdrücken oder zu vermindern.

Beispiele sind der N. vagus als Hemmungsnerv der Herzbewegung, der N. splanchnicus als der der Darmbewegungen (pg. 292, 5). — Eine eingehende Besprechung verdienen in dieser Gruppe besonders die gefässerweiternden Nerven, auch vasohypotonisirende, oder Hemmungsnerven der Gefässe genannt.

II. Centripetalleitende Nerven.

a) **Gefühlsnerven** (sensible im engeren Sinne), welche vermittelst besonderer Endapparate Gefühlserregungen dem Centralorgan mittheilen.

b) **Sinnesnerven** (sensuelle N.) der einzelnen Sinneswerkzeuge.

c) **Reflectorische** oder **excitomotorische** Nerven, welche an der Peripherie erregt, diesen Reiz dem Centrum zuleiten, innerhalb dessen diese Erregung wieder auf die centrifugalleitenden Fasern (I. a, b, c, d) übertritt, so dass eine Thätigkeit dieser letzteren ausgelöst wird.

III. Intercentrale Nerven.

Diese verbinden gangliöse Centra unter einander behufs Mittheilung der Erregung unter einander, z. B. bei den coordinirten Bewegungen und den ausgebreiteten Reflexen.

Die Gehirnnerven.

345. I. Nervus olfactorius.

Anatomisches. Dieser strangförmige dreiseitig-prismatische, an der unteren Fläche des Stirnlappens liegende, Nerv entspringt mit einer äusseren, einer inneren und einer oberen Wurzel vom Tuber olfactorium. Auf der Siebplatte des Os cribrosum schwillt der Tractus zum Bulbus olfactorius an, welcher das Analogon des besonderen Gehirntheiles ist, der bei niederen Wirbelthieren mit scharf ausgeprägtem Geruchsvermögen existirt (Gratiolet). Vom Bulbus gehen 12 bis 15 Fila olfactoria durch die Sieblöcher, die zuerst zwischen Schleimhaut und Periost verlaufen und erst im unteren Drittel der Regio olfactoria in die Schleimhaut selbst eintreten. Der Hauptstamm besteht unten aus weisser Substanz, oben aus grauer mit beigemischten kleinen spindelförmigen Ganglien. Henle unterscheidet in seiner Textur 6, Meynert sogar 8 Schichten. — Rückwärts im Gehirne lassen sich Züge des Nerven bis zu verschiedenen Theilen der Hirnrinde, namentlich bis zu der Rinde des Gyrus uncinatus (Spitze des Unterlappens) und dem Stirntheil des Gyrus fornicatus, nach Einigen auch bis zum Streifenhügel verfolgen.

Function. Er ist der alleinige Riechnerv, dessen physiologische Erregung nur durch die gasförmigen Riechstoffe erfolgt (siehe Geruchsinn). Jede anderweitige Reizung des Nerven, auch in seinem Verlaufe oder Centrum, bewirkt Geruchsempfindung. Angeborener Mangel oder Durchschneidung beider Nerven vernichtet das Geruchsvermögen (leicht bei jungen Thieren ausführbar) (Biffi).

Patho-logisches.

Pathologisches. Als Hyperosmie bezeichnet man Fälle excessiv gesteigerter abnormer Schärfe des Geruchssinnes (z. B. bei Hysterischen), und die rein subjectiv vorkommenden Geruchsempfindungen (Geruchsphantasmen) (z. B. bei Geisteskranken). Letztere beruhen wahrscheinlich auf einer abnormen Erregung des Rindencentrums. Hyposmie und Anosmie (Verminderung oder Aufhebung der Geruchsempfindung) kommen als Folge von mechanischer Einwirkung, oder von Ueberreizung vor. Gewisse Formen einseitiger Anosmie Hysterischer scheinen ihren Sitz in der Nähe des Sehhügels der gegenüberliegenden Hemisphäre zu haben. Strychnin steigert mitunter, Morphium schwächt die Geruchsempfindung.

346. II. Nervus opticus.

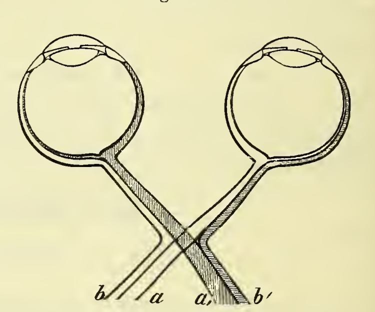
Ana-tomisches.

Der N. opticus entspringt aus dem Stratum zonale und Pulvinar des Thalamus opticus, dem Corpus geniculatum externum (? und internum) und dem vorderen Vierhügel. Ein Theil der Fasern, vielleicht reflexerregender Natur, lässt sich bis zu einem Kerne in dem Fusse des Pedunculus cerebri verfolgen (Stilling). Das eigentliche corticale Centrum ist an der Spitze des Occipitallappens zu suchen. Der Tractus schlägt sich um den Pedunculus cerebri und bildet mit dem der anderen Seite das Chiasma.

Das Chiasma.

In Bezug auf die Sehnervenkreuzung kommen sicher Varietäten vor. Als Regel muss wohl die halbe Kreuzung im Chiasma angenommen werden, so dass der linke Tractus Fasern in die beiden linken Netzhauthälften, der rechte in die beiden rechten Hälften sendet. So ist es erklärlich, dass beim Menschen die Zerstörung des einen Tractus sogenannte „gleichnamige Hemiopie" im vorbesagten Sinne erzeugt. Auch Hund und Katze haben halbe Kreuzung, daher nach Exstirpation eines Auges die Hälfte der Fasern in beiden Tractus atrophiren (Gudden). Aehnliches sah Baumgarten auch beim Menschen. Daher hat auch die sagittale Durchschneidung des Chiasma bei Katzen nur theilweise Blindheit beider Augen zur Folge (Nicati). Andere Forscher nehmen für den Menschen völlige Kreuzung aller Fasern im Chiasma an. Dem entsprechend soll die Durchschneidung eines Nervus opticus Pupillenerweiterung und Blindheit derselben Seite zur Folge haben, hingegen die Durchschneidung eines Tractus Erweiterung der Pupille und Blindheit des entgegengesetzten Auges (Knoll, Brown-Séquard, Mandelstamm). [Bei den Knochenfischen laufen beide Sehnerven isolirt gekreuzt über einander weg; bei den Cyclostomen fehlt jede Kreuzung.]

Fig. 138.



Schema der Semidecussation der Sehnerven. — *b a* linker Tractus opticus versorgt beide linken Retinahälften; — *a, b,* der rechte Tractus in analoger Vertheilung.

In sehr seltenen Fällen fehlte beim Menschen die Kreuzung völlig, so dass direct der rechte Nerv in den rechten Bulbus, der linke in den linken eintrat (Vesal, Caldani, Lösel), ohne dass Beeinträchtigung des Sehvermögens bestand (Vesal). Bei solchem Wechsel ist übrigens daran festzuhalten, dass im Innern des Gehirnes noch etwaige Kreuzungen stattfinden können, die im Chiasma nicht vorhanden sind.

Endlich hat man sogar auch beim Menschen noch die beiden inneren, oder äusseren, oberen oder unteren Hälften der Netzhäute bei Erkrankungen eines Tractus erblinden sehen, woraus auf eine noch andere Vertheilung der Nerven geschlossen werden müsste.

Eine Theilung der einzelnen Fasern findet im Chiasma sicher nicht statt.

Hüllen des Nerven. Der Nerv hat eine äusserste dicke, fibröse, von der Dura mater abstammende Hülle; unter dieser liegt die sehr zarte, von der Arachnoidea herrührende Arachnoidalscheide, unter dieser liegt die eng anschliessende, von der Pia kommende Hülle. Die zwischen diesen drei Hüllen liegenden zwei Räume, der Subdural- und Subarachnoidal-Raum, sind mit Endothel ausgekleidete Lymphräume und stehen direct mit den analogen Räumen der Schädelhöhle in Verbindung (Schwalbe).

Function. Er ist der Sehnerv, dessen physiologische Erregung nur durch Uebertragung der Schwingungen des Lichtäthers auf die Stäbchen und Zapfen der Retina erfolgt (siehe Gesichtssinn). Jede anderweitige Reizung des Nerven auch in seinem Verlaufe oder Centrum bewirkt Lichtempfindung. Durchschneidung oder Entartung hat Blindheit zur Folge. Reizung des Sehnerven bewirkt auch reflectorisch Verengerung der Pupillen durch den Oculimotorius.

Pathologisches. **Pathologisches.** Reizungen im Bereiche des ganzen nervösen Apparates können übermässige Empfindlichkeit des Sehwerkzeuges (Hyperaesthesia optica), oder auch Gesichtsempfindungen verschiedenster Art hervorrufen (Photopsien, Chromopsien), die sich bei cerebralen Erregungen sogar bis zu Gesichtshallucinationen steigern können. — Materielle Veränderungen und Entzündungen am Nervenapparat haben oft nervöse Sehschwäche (Amblyopie) oder gar Blindheit (Amaurose) zur Folge. Doch können beide Zustände auch als Zeichen der Mitleidenschaft anderer Organe, als sogenannte „sympathische" (wohl oft auf Veränderungen der Blutbewegung durch Erregung der Gefässnerven beruhend) auftreten, die am ehesten der Rückbildung fähig sind.

Manche Gifte, wie Blei und Alkohol, können die Sehthätigkeit stören. Als merkwürdige intermittirende Formen der Amaurosen sind die Tag- und die Nacht-Blindheit (Hemeralopie und Nyktalopie) zu nennen.

347. III. Nervus oculimotorius.

Anatomisches. Er entspringt (mit etwa 15.000 meist breiten und weniger schmalen Fasern, denen Ganglienzellen beigemischt sind) aus dem in der Fortsetzung der Vorderhörner liegenden Oculimotoriuskern (vereint mit dem Trochlearis) unterhalb des Aquaeductus Sylvii. Der Ursprung hängt mit dem vorderen Vierhügel zusammen, bis wohin sich die intraoculären Fasern verfolgen lassen, und ferner durch den Pedunculus mit dem Linsenkern. Unweit des Pons tritt er zwischen den inneren Faserbündeln des Pedunculus (zwischen der Art. cerebelli superior und cerebri posterior) hervor.

Function. Er enthält: 1. Die willkürlichen Bewegungsfasern für alle äusseren Bulbusmuskeln (ausser den Mm. rectus externus und obliquus superior), und für den M. levator palpebrae superioris. [Die Coordinationsbewegung beider Bulbi ist jedoch vom Willen unabhängig.] — 2. Die durch reflectorische Erregung durch die Netzhaut thätigen Fasern für den M. sphincter pupillae. — 3. Die willkürlich innervirten Fasern des Accommodationsmuskels (M. tensor chorioideae). Die besagten intrabulbären Fasern 2 und 3 gehen hervor aus dem Aste für den M. obliquus inferior als Radix brevis s. crassa des Ggl. ciliare (Fig. 139. 3) und verlaufen von letzterem durch die Nn. ciliares breves in den Bulbus; — v. Trautvetter, Hensen und Völckers sahen bei Reizung des Nerven das Auge sich verändern wie beim Nahesehen. Das Accommodationscentrum

fanden Hensen und Völckers oberhalb der Corpora mammillaria, dort, wo der Boden des dritten Ventrikels in die Rückwand des Infundibulums übergeht.

Anastomosen. Beim Menschen anastomosirt der Nerv am Sinus cavernosus mit dem I. Trigeminusaste, wodurch er Muskelgefühlfasern erhält, ferner mit dem Sympathicus durch das carotische Geflecht und (?) indirect durch den Abducens, *Varietät.* wodurch er Gefässnerven erhält (?). Nach Adamük liegen bei Thieren selten die Pupillenfasern im Abducens.

Atropin, Calabar. Durch Atropin werden die intrabulbären Fasern des Oculimotorius gelähmt, durch Calabar, Jaborandi, Nicotin, Morphin gereizt [oder wohl wahrscheinlicher der Sympathicus gelähmt].

Lähmungen. **Pathologisches.** Die vollständige Lähmung des Oculimotorius hat zur Folge: 1. Herabhängen des oberen Lides (Ptosis paralytica); — 2. Unbeweglichkeit des Augapfels; — 3. Schielen (Strabismus) nach aussen und unten [und in Folge hiervon Doppelsehen]; — 4. Leichtes Hervortreten des Bulbus (weil der nach vorn ziehende Obliquus superior an den (nach hinten ziehenden) drei gelähmten Recti keine wirksamen Antagonisten mehr hat. Bei Thieren, die einen M. retractor bulbi haben, ist die Erscheinung prägnanter; — 5. Mässige Erweiterung der Pupille (Mydriasis paralytica); — 6. Unvermögen der Pupillenverengerung auf Lichtreiz; — 7. Unvermögen der Accommodation des Auges für die Nähe. — Die Lähmung kann natürlich auch auf einzelne Zweige beschränkt oder unvollkommen sein.

Reizungen. Reizung des Levatorastes hat beim Menschen Lagophthalmus spasticus zur Folge, die der anderen Muskeläste einen entsprechenden Strabismus spasticus. Diese letzteren Reizungen können auch reflectorisch, z. B. beim Zahnen und bei Durchfällen der Kinder erzeugt werden. Clonische Krämpfe äussern sich bilateral als unwillkürliches Augenschwanken (Nystagmus) in Folge der Reizung der Corpora quadrigemina. — Tonischer Krampf der Sphincter pupillae wird als Myosis spastica, clonischer als Hippus bezeichnet; auch wird Accommodationskrampf beobachtet, mit welchem wegen fehlerhafter Abschätzung der Entfernungen nicht selten Makropie verbunden ist.

348. IV. Nervus trochlearis.

Anatomisches. Er entspringt nahe dem Oculimotorius aus dem, gewissermassen eine Fortsetzung des Vorderhornes bildenden, Trochleariskern und zwar in der Nähe des Velum medullare superius mit einer vorderen Wurzel und einer mehr hinteren (aus dem Trigeminuskerne). Er durchsetzt das Dach der Wasserleitung und (ohne sich zu kreuzen, Schröder van der Kolk), schlägt er sich um den Pedunculus zur Gehirnbasis.

Function. Er ist willkürlicher Nerv des M. obliquus superior, (bei seiner Coordinationsbewegung aber unwillkürlich).

Anastomosen. Seine Verbindungen mit dem Plexus caroticus sympathici und dem ersten Aste des Trigeminus haben dieselbe Bedeutung wie die analogen des Oculimotorius.

Pathologisches. **Pathologisches.** Die Lähmung des Trochlearis hat nur eine geringe Einbusse der Beweglichkeit des Bulbus nach aussen und unten zur Folge; es besteht leichtes Ein- und Aufwärtsschielen mit Doppelsehen. Die Bilder stehen schräg über einander, nähern sich einander, wenn der Kopf gegen die gesunde Seite geneigt wird, entfernen sich, wenn er auf die kranke sich neigt. Die Befallenen neigen anfangs den Kopf nach vorn, später drehen sie ihn um die verticale Axe nach der gesunden Seite. Bei Drehungen des Kopfes (wobei das gesunde Auge die primäre Stellung beibehalten kann) macht das Auge diese Drehung mit. — Krampf des Trochlearis hat Schielen nach aussen und unten zur Folge.

349. V. Nervus trigeminus.

Der Trigeminus (Fig. 139 5) entspringt wie ein Spinalnerv mit zwei Wurzeln. Die kleinere vordere motorische Wurzel geht aus dem an multipolaren Zellen reichen „motorischen Trigeminuskern" hervor, am Boden der Rautengrube unweit der Mittellinie. Vom Willensorgan des Grosshirns gehen Fasern der anderen Seite zu diesem Kerne. — Die grosse sensible hintere Wurzel bezieht Fasern: 1. aus den kleinen Zellen des in der Höhe des Pons belegenen „sensiblen Trigeminuskernes", der ein Analogon des Hinterhornes ist; 2. aus der grauen Substanz des Hinterhornes des Rückenmarks abwärts bis zur Mitte des Halsmarkes. Diese Fasern gehen in den weissen Hinterstrang und dann als aufsteigende Wurzel in den Trigeminus; 3. die „trophische Wurzel" (Merkel) entspringt zur Seite des Aquaeductus Sylvii aus einem Zellenhaufen. 4. Eine andere Wurzel kommt aus dem oberen Theile der Rautengrube (aus der Substantia ferruginosa unter dem Locus coeruleus); diese Fasern kreuzen sich; 5. endlich kommen noch Züge aus dem Fuss des Pedunculus cerebri und vom Kleinhirn durch den Bindearm hindurch. Die Ursprünge der sensiblen Wurzel anastomosiren mit den motorischen Kernen aller aus der Medulla oblongata hervorkommenden Nerven mit Ausnahme des Abducens. Hierdurch erklären sich die reflectorischen Einwirkungen. — Der dicke Stamm tritt seitlich zwischen den Fasern des Pons hervor, dann bildet seine hintere Wurzel (vielleicht im Verein mit einigen Fasern der vorderen) auf der Spitze des Felsenbeines das Ggl. Gasseri (zu welchem Fäden des Sympathicus aus dem Plexus cavernosus gehen). Dann theilt sich der Nerv in seine drei grossen Aeste.

Anatomisches. Motorische Wurzel. Sensible Wurzel. Trophische Wurzel. Centrale Anastomosen. Ggl. Gasseri.

I. Ast: **Ramus ophthalmicus** (Fig. 139 d) erhält sympathische Fasern (Gefässnerven) aus dem Plexus cavernosus, dann verläuft er durch die Fissura orbitalis superior in die Augenhöhle. Seine Zweige sind:

I. Ast.

1. Der kleine N. recurrens gibt Gefühlsäste zum Tentorium cerebelli. Zu ihm gesellen sich Fasern aus dem Plexus caroticus des Sympathicus als Gefässnerven der harten Hirnhaut.

N. recurrens.

2. Der N. lacrimalis gibt ab: a) sensible Aeste zur Conjunctiva, oberem Lide, zur angrenzenden Schläfenhaut (Fig. 139 a); — b) wahre Secretionsfasern zur Thränendrüse (?); dem entsprechend soll Reizung des Nerven die Secretion bewirken, die Durchschneidung jedoch die reflectorische Erregung der Absonderung durch die sensiblen Nerven am Auge aufheben. Später soll der Durchschneidung ein paralytischer Thränenfluss folgen (Herzenstein, Wolferz, Demtschenko; — von Reich bestritten). Reflectorisch kann auf die Absonderung gewirkt werden durch starken Lichtreiz, Reizung des ersten und zweiten Trigeminusastes [ja sogar aller sensiblen Hirnnerven (Demtschenko)]. (Vgl. Halssympathicus.)

N. lacrimalis

3. Der N. frontalis (f) gibt in seinem Supratrochlearis sensible und die Thränensecretion reflectorisch anregende Fasern zum oberen Lid, der Braue, der Glabella, — in seinem Supraorbitalis (b) analoge Zweige zum oberen Lid, der Stirnhaut und angrenzenden Schläfenhaut bis zum Scheitel hinauf.

N. frontalis

4. Der N. nasociliaris (n c) gibt in seinem Infratrochlearis analoge Fasern (wie 3) an die Conjunctiva,

N. nasociliaris.

Caruncula und Saccus lacrimalis, das obere Lid, Braue, Nasenwurzel. — Sein Ethmoidalis versorgt die Nasenspitze und Flügel aussen und innen mit sensiblen Aesten, ebenso den vorderen Theil des Septums und der Muscheln mit Gefühlsfasern (die auch zum Theil reflectorisch Thränenfluss erregen), und vielleicht auch mit vasomotorischen Aesten [welche der Anastomose mit dem Sympathicus entstammen dürften (?)]. Vom Nasociliaris kommen auch die lange Wurzel (l) des Ggl. ciliare (c) und 1—3 Nn. ciliares longi.

Das Ggl. ciliare. Wurzeln desselben.

Das Ggl. ciliare (c) hat drei Wurzeln: a) die kurze vom Oculimotorius (3) (siehe pg. 665), — b) die lange (l) vom Nasociliaris — und c) die sympathische (s) (mitunter mit b vereint) vom Plexus caroticus. — Aus dem Ganglion gehen 6—10 Nn. ciliares breves (t) hervor, welche zusammen mit den longi in der Nähe des Eintrittes des Opticus die Sclera durchbohren und zwischen ihr und der Aderhaut sich nach vorn begeben.

Die Ciliarnerven.

Physiologisch enthalten die Ciliarnerven folgende verschiedene Fasern:

Sensible Fasern.

1. Sensible Fasern für die Cornea (Bochdalek), die sich zwischen den Epithelien mit feinsten Fäserchen vertheilen, für die Conjunctiva bulbi, welche die Sclera durchbohren (Giraldès). Diese erregen auch reflectorisch Thränenfluss (N. lacrimalis) und Lidschluss (N. facialis). Sensible Fasern erhält auch die Iris (schmerzt bei Entzündungen und Operationen), die Chorioidea (schmerzhafte Spannung bei Anstrengung des Tensor chorioideae) und die Sclera.

Vasomotorische Fasern.

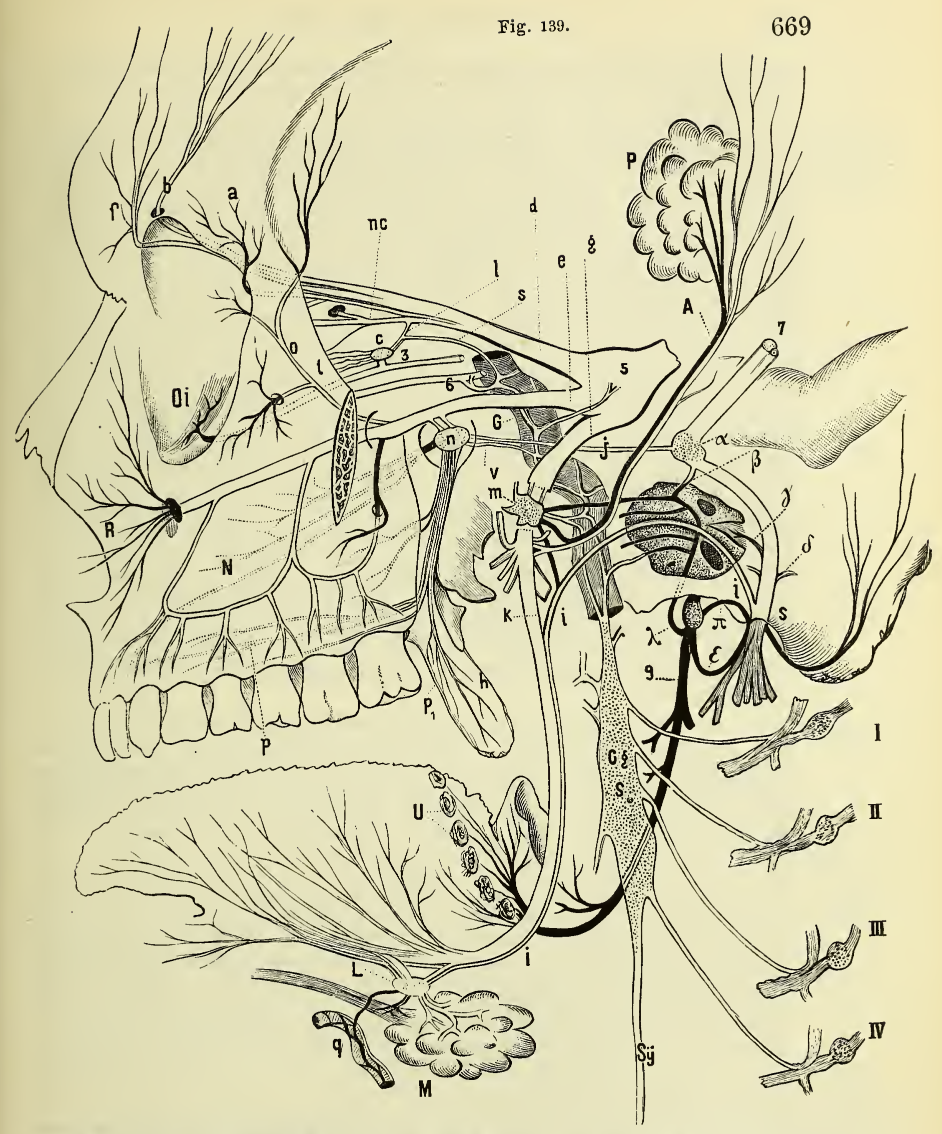
2. Vasomotorische Nerven für die Gefässe der Iris Chorioidea und Retina: Diese entstammen aber nur zum Theil der sympathischen Wurzel und der Anastomose des Sympathicus mit dem ersten Aste (Wegner). Die Iris erhält wohl die meisten Vasomotoren vom Trigeminus selbst (Rogow), wenige vom Sympathicus. Die Gefässe der Retina werden ebenfalls vornehmlich vom Trigeminus versorgt, ja nach Klein und Svetlin werden sie weder durch Reizung, noch durch Lähmung des Sympathicus beeinflusst.

Motorische Fasern.

3. Motorische Fasern für den M. dilatator pupillae, welche grösstentheils dem Sympathicus entstammen (Petit, 1727) und zwar der sympathischen Wurzel des Ganglions und der Anastomose des Sympathicus mit dem Trigeminus (Balogh, Oehl). Aber auch der erste Ast enthält selbst pupillendilatirende Fasern (Schiff), die aus der Medulla oblongata direct in den ersten Ast gehen, (? oder aus dem Ggl. Gasseri entspringen, Oehl). Beim Hunde laufen diese Fasern nicht durch das Ggl. ciliare, sondern direct am Opticus entlang zum Auge (Hensen und Völckers).

Nach Durchschneidung des Trigeminus verengt sich daher (beim Kaninchen und Frosch) die Pupille; und nach Ausrottung

Fig. 139.



Halbschematische Zusammenstellung der Augennerven, der Verbindungen des Trigeminus und seiner Ganglien, ferner des Facialis und Glossopharyngeus. — 3 Ast zum M. obliquus oculi inferior vom Oculimotorius mit der dicken kurzen Wurzel zum Ggl. ciliare *(c)*; — *t* nervi ciliares; — *l* lange Wurzel zum Ganglion aus dem Nasociliaris *(nc)*; — *s* sympathische Wurzel aus dem, die Carotis interna *(G)* umspinnenden Geflecht des Sympathicus *(Sy)*. — — *d* erster Ast des Trigeminus (5) mit dem Nasociliaris *(nc)* und den Endzweigen des Lacrimalis *(a)*, Supraorbitalis *(b)* und Frontalis *(f)*. — — *e* zweiter Ast des Trigeminus: — *R* Infraorbitalis. — *n* Ggl. sphenopalatinum mit den Wurzeln: *j* vom Facialis und *v* vom Sympathicus. *N* die Nasenzweige; *p p*, die Gaumenzweige des Ganglions. — *g* dritter Ast des Trigeminus. — *K* Lingualis, — *i i* Chorda tympani; — *m* Ggl. oticum mit den Wurzeln vom Plexus tympanicus, dem carotischen Geflecht und vom 3. Ast — und mit seinen Zweigen zum Auriculotemporalis (*A*) und zur Chorda (*i i*). — — *L* Ggl. sublinguale mit den Wurzeln vom Tympanicolingualis und dem sympathischen Geflecht der Art. maxillaris externa (*q*). — — 7 N. facialis, — *j* dessen N. petrosus superficialis major, — α Ggl. geniculi. — β Ast zum Plexus tympanicus, — γ ram. stapedius, — δ Anastomose zum Ram. auricularis vagi, — *ii* Chorda tympani, — *S* Foramen stylomastoideum. — — 9 N. glossopharyngeus, — λ dessen Ramus tympanicus, — π und ε Verbindungen zum Facialis. — U Endigung der Geschmacksfasern des 9. Nerven in den Papillae circumvallatae; — — *Sy* Sympathicus mit Gg. s. dem Ggl. cervicale supremum; — *I. II. III. IV.* Die 4 obersten Halsnerven. — — *P* Parotis; — *M* Glandula submaxillaris. — [Die genaueren Erklärungen ergeben sich aus der Beschreibung der betreffenden Nerven.]

des Ggl. cervicale supremum des Sympathicus ist die Erweiterungsfähigkeit der Pupille noch nicht völlig erloschen.

Zeichen der Reizung oder Lähmung des sympathischen Antheiles.

Es muss an dieser Stelle der Erscheinungen gedacht werden, welche die Reizung oder Lähmung des Halssympathicus oder seiner Bahn aufwärts bis zum Auge hervorbringt. Bei der Reizung zeigt sich ausser Erweiterung der Pupille zunächst eine Wirkung auf die glatten Muskeln in der Orbita und den Lidern. Die Membrana orbitalis, welche die Augenhöhle von der Schläfengrube bei Thieren abgrenzt, enthält zahlreiche glatte Muskelfasern (M. orbitalis). Auch die beim Menschen derselben entsprechende Membran der Fissura orbitalis inferior hat eine 1 Mm. dicke, meist der Länge nach durch die Spalte verlaufende Muskelschicht. Ferner haben beide Lider glatte Muskelfasern, welche sie verschmälern; im oberen Lide verlaufen sie wie eine Verlängerung des Levator palpebrae superioris, im unteren liegen sie dicht unter der Conjunctiva. Alle diese Muskeln (H. Müller) innervirt der Sympathicus, (den M. orbitalis zum Theil vom Ggl. sphenopalatinum aus); bei Thieren auch noch den Zurückzieher der Palpebra tertia am inneren Augenwinkel. Reizung des Sympathicus erweitert daher die Pupille und Lidspalte und drängt den Bulbus hervor. Diese Reizung kann auch reflectorisch durch heftige Erregung von sensiblen Nerven stattfinden. Auch lebhafte Erregung der Nerven der Geschlechtsorgane hat als begleitende Erscheinung die angegebenen Zeichen am Auge in mässiger Stärke zur Folge. — Vielleicht gehört hierher auch das Weitsein der Pupillen bei Wurmreiz im Darme kleiner Kinder. Auch Reizung des Rückenmarks (Sympathicusursprung) im Starrkrampf erweitert die Pupillen. Durchschneidung des Sympathicus verengt die Lidspalte, lässt den Bulbus zurücksinken (und die Palpebra tertia bei Thieren schlaff hervortreten). Die Durchschneidung bedingt überdies noch Strabismus internus, weil der M. rectus externus zum Theil motorische Fasern vom Sympathicus erhält. (Ueber den Ursprung dieser Fasern aus der Regio ciliospinalis wird beim Rückenmark gehandelt.)

Trophische Fasern.

4. Wahrscheinlich kommen dem Trigeminus auch trophische Fasern zu, welche durch die Ciliarnerven dem Auge zugeführt werden. Wird der Trigeminus in der Schädelhöhle durchschnitten, so tritt nämlich im Verlaufe von 6—8 Tagen Entzündung und schliesslicher Untergang des Bulbus auf (Fodéra, Magendie, Longet).

Lage und Ursprung derselben.

Merkel will die centrale Wurzel dieser trophischen Portion nachgewiesen und Meissner mit Büttner den Verlauf der Fasern, als der am meisten nach Innen liegenden, verfolgt haben. Nach Magendie und Longet würden jedoch die trophischen Fasern für den Bulbus (und die Mundhöhlenschleimhaut) dem Trigeminus erst im Ggl. Gasseri zugebracht, da Durchschneidung des Stammes centralwärts von diesem Ganglion keine trophischen Störungen zur Folge hätte. Ist diese Angabe richtig, so müsste natürlich an den Sympathicus gedacht werden, der diese Fasern zuführte.

Die trophischen Trigeminusfasern des Auges und ihr Verhältniss zur Ophthalmia neuroparalytica.

Bei der Abwägung der Anschauungen über die trophischen Fasern müssen wir die folgenden Punkte berücksichtigen: — 1. Die Durchschneidung des Trigeminus macht das ganze Auge gefühllos: das Thier fühlt also directe Insulte nicht und weicht ihnen nicht aus. Auch anhaftender Staub und Schleim wird nicht mehr reflectorisch durch Lidschluss weggeputzt; überhaupt steht wegen des fehlenden Reflexes das Auge viel mehr offen und ist somit vielen Schädlichkeiten preisgegeben. Als Snellen (1857) vor das Auge den fühlenden Ohrlöffel des Kaninchens fixirte, durch dessen Gefühl es die treffenden Insulte vermied, so trat die Entzündung des Auges viel später ein; — das Anbringen einer völlig sicheren Schützkapsel vor das Auge hält sogar die Entzündung völlig auf (Meissner, Büttner). Es kann somit keinem Zweifel unterliegen, dass der Verlust der Sensibilität des Auges den Eintritt der Entzündung begünstigt. Da nun Meissner, Büttner und Schiff das Auge auch dann noch der Entzündung anheimfallen sahen, nachdem sie nur die

trophischen (innersten) Fasern des Trigeminus durchschnitten, wonach das Auge das Gefühl behielt, so wäre hiemit allerdings die Existenz der trophischen Fasern bewiesen; (Cohnheim und Senftleben bestreiten diese Thatsachen). Umgekehrt kann man auch das Gefühl des Auges bei partieller Nervenverletzung erloschen sehen, und der Bulbus entzündet sich nicht (Schiff). Ferner sieht man bei Menschen und Thieren, bei denen Unvermögen des Lidschlusses besteht, zwar wohl Röthung mit Thränenfluss oder leichte Trockenheit und Trübung der Bulbusfläche eintreten (Xerosis), jedoch niemals jene verheerende Entzündung (Samuel). — 2. Es bedarf aber noch weiterhin der Erwägung der folgenden Momente, auf welche bis dahin zum Theil wenig Rücksicht genommen worden ist. Die Durchschneidung des Trigeminus lähmt die Vasomotoren im Innern des Bulbus, wodurch Störungen im Blutlaufe entstehen müssen. [Unaufgeklärt sind in dieser Beziehung die Versuche von Sinitzin, welcher angibt, dass nach Durchschneidung des Sympathicus die beginnende Ophthalmie nach Trigeminusdurchschneidung sich zurückbilde. Letztere soll auch gar nicht eintreten, wenn der Sympathicus vorher durchschnitten war.] — 3. Nach Durchschneidung des Nerven ist die Spannung des Bulbus herabgesetzt (umgekehrt hat die Reizung ein beträchtliches Steigen des intraoculären Druckes zur Folge; Hippell, Grünhagen, Adamück). Diese Verminderung des intraoculären Druckes muss natürlich die normalen Verhältnisse der Füllung der Blut- und Lymphbahnen und der Säftebewegung in ihnen alteriren, von denen die normale Ernährung im hohen Grade abhängt. — 4. W. Kühne sah auf Reizung der Hornhautnerven sich die Corneakörperchen bewegen. Es scheint nun nicht ausgeschlossen, dass die Bewegung dieser Körperchen auf die normale Saftbewegung in dem Canalsystem der Cornea von Einfluss sei (pg. 358, 359); ist sie aber abhängig vom Nervensysteme, so muss die Zerstörung desselben auch Ernährungsstörungen nach sich ziehen.

Erwäge ich alle Momente, so scheint mir die Annahme trophischer Fasern wahrscheinlich.

Auch beim Menschen hat man nach Trigeminusanästhesien und seltener bei schweren Reizzuständen dieses Nerven Entzündungen der Conjunctiva, Verschwärung und Perforation der Cornea und endliche Panophthalmitis gesehen (Charles Bell), die als Ophthalmia neuroparalytica bezeichnet wird. [Samuel konnte durch elektrische Reizung des Ggl. Gasseri bei Thieren dasselbe bewirken.]

Ophthalmia intermittens.

Völlig verschieden hiervon sind die Affectionen am Auge, die von Leiden der Vasomotoren herrühren, die niemals zu degenerativen Processen führen, wie die Trigeminusdurchschneidung. — Hierher gehört die Ophthalmia intermittens, eine einseitige, intermittirend (unter dem Einflusse der Malaria) auftretende hochgradige Füllung der Augengefässe mit Thränenfluss, Lichtscheu, oft auch mit Irisentzündung und Eitererguss in die Augenkammer verbunden, die als eine vasomotorische Affection der Augengefässe zuerst von Eulenburg und mir aufgefasst ist. — Erwähnenswerth ist noch die pathologische übermässige Spannung des Auges mit ihren Folgezuständen (Glaucoma simplex), die auf eine Reizung des Trigeminus von Donders bezogen worden ist.

Glaucoma simplex.

II. Ast des Trigeminus: Ramus maxillaris superior (e). Er gibt die folgenden Aeste ab:

N. recurrens.

1. Den zarten N. recurrens, ein Gefühlsast der Dura mater, der im Gebiet der Art. meningea media die aus dem Ggl. cervicale supremum sympathici kommenden Vasomotoren dieser Arterie begleitet.

N. orbitalis.

2. N. subcutaneus malae (o) (s. orbitalis) versorgt mit dem R. temporalis und orbitalis den lateralen Augenwinkel und das anstossende Hautterrain von Schläfe und Wange mit sensiblen Fasern. Einzelne Fäden des Nerven sollen echte

Secretionsnerven der Thränen sein (vgl. N. lacrimalis, Herzenstein und Wolferz).

Nn. alveolares superiores.

3. N. alveolaris superior posterior und medius und mit ihnen der anterior aus dem N. infraorbitalis geben Gefühlsfasern an die Oberkieferzähne (pg. 281), das Zahnfleisch, das Periost und die Kieferhöhle. Die Vasomotoren aller dieser Theile gibt das obere Halsganglion des Sympathicus.

N. infraorbitalis.

4. N. infraorbitalis (R), der nach dem Austritt aus dem Foramen infraorbitale dem unteren Lid, dem Nasenrücken und Flügel und der Oberlippe bis gegen den Mundwinkel sensible Fasern ertheilt. Die begleitenden Arterien erhalten die Vasomotoren vom Ggl. supremum cervicale sympathici.

Das Ganglion sphenopalatinum, Wurzeln.

Das Ggl. sphenopalatinum (n) (s. nasale) steht mit dem II. Aste in Verbindung. Zu demselben gehen zuerst mit einem oder mehreren Fäden kurze sensible Wurzelfäden aus dem II. Aste selbst, die als N. sphenopalatinus bezeichnet werden. — Motorische Fasern treten von hinten in das Ganglion durch den N. petrosus superficialis major (j), vom Facialis (Bidder, Nuhn), und endlich graue Vasomotoren (v) vom sympathischen Geflechte der Carotis (N. petrosus profundus major). Die motorischen und vasomotorischen Fasern bilden den N. Vidianus, der durch den gleichnamigen Canal zum Ganglion hinzieht.

Aeste des Ganglions.

Die vom Ganglion ausgehenden Fasern sind: 1. Die sensiblen Fasern (N) versorgen die Decke, die Seitenwand, Scheidewand der inneren Nase (Nn. nasales posteriores superiores); der N. nasopalatinus geht mit seinen Endfäden durch den Canalis incisivus bis zum harten Gaumen hinter den Schneidezähnen. Die sensiblen Nn. nasales posteriores inferiores für die untere und mittlere Muschel und die beiden unteren Nasengänge kommen vom N. palatinus anterior des Ganglions, der im Canalis pterygopalatinus niedersteigt. Endlich gehen noch die sensiblen Aeste des harten (p) und weichen (p_1) Gaumens und der Tonsille aus dem absteigenden N. palatinus posterior hervor. Die gesammten sensiblen Fasern der Nase (siehe auch den N. ethmoidalis) rufen gereizt reflectorisch Niesen hervor (vgl. pg. 233, 3). Dem Niesen geht stets das Gefühl des Kribbelns in der Nase vorauf. Letzteres kann auch (ausser directer Reizung) dadurch entstehen, wenn die Gefässe der Nase erweitert werden. Letzteres geschieht leicht durch Kälteerregung der äusseren Haut. Mit der Gefässerweiterung geht dann weiterhin vermehrte Secretion der Nasenschleimhaut einher. — Reizung der Nasennerven erregt endlich auch Thränenfluss (reflectorisch). — 2. Die motorischen Aeste steigen durch den N. palatinus posterior im Canalis pterygopalatinus nieder und geben (h) den Mm. Levator veli palatini und azygos uvulae Bewegungsfasern (die Muskelgefühlfasern wird hier der Trigeminus liefern). Krampfartige Zustände in diesen Muskeln sollen

anfallsweise knisternde Geräusche im Ohre erzeugen (Politzer). — 3. Die Vasomotoren dieses ganzen Gebietes kommen von der sympathischen Wurzel, also aus dem obersten Halsganglion [ob auch vom Trigeminus selbst, ist unerwiesen, vgl. III. Ast. 3]. — 4. Ob die etwaigen secretorischen Fasern zu den Drüsen des ganzen Gaumens aus dem Facialis oder dem Sympathicus stammen, ist unermittelt.

Reizung des Ganglions. Schwache elektrische Reizung des freigelegten Ganglions bewirkte reichliche Schleimabsonderung und Temperaturerhöhung in der Nase (Prévost); ebenso Reizung des N. maxillaris superior (Jolyet). Es handelt sich hier wohl um eine reflectorische Einwirkung durch Reizung der sensiblen Fasern auf die Gefässnerven; ebenso wie auch Reizung der Nasenschleimhaut direct denselben Erfolg hat.

III. Ast des Trigeminus: Ramus mandibularis (g). Derselbe vereinigt zuerst alle motorischen Fäden des Nerven mit einer Anzahl sensibler zu einem Geflechte, aus welchem sodann hervorgehen:

N. recurrens. 1. Der allein noch von der sensiblen Wurzel entspringende N. recurrens, welcher durch das Foramen spinosum in den Schädel tritt und weiterhin mit dem gleichnamigen Nerven des zweiten Astes die Dura mit Gefühlsfäden ausstattet. Von ihm gehen auch Fädchen durch die Fissura petroso - squamosa zur Schleimhaut der Warzenfortsatzzellen.

Kaumuskel-Nerven. 2. Motorische Zweige für die Kaumuskeln: N. massetericus, 2 Nn. temporales profundi, N. pterygoideus externus und internus. Die Muskelgefühlsfasern werden von den sensiblen Fasern abstammen.

N. buccinatorius. 3. Der N. buccinatorius ist ein rein sensibler Nerv für die Wangenschleimhaut, den Mundwinkel bis in die Lippen hinein. Da nach der Durchschneidung des Trigeminus diese Region der Schleimhaut geschwürig zerfällt, so hat man auch der Bahn des Buccinatorius trophische Fasern zugesprochen. Allein Rollett macht darauf aufmerksam, dass die Durchschneidung des dritten Astes die Kaumuskeln derselben Seite lähmt, in Folge dessen die Zähne nicht senkrecht gegen einander wirken, sondern gegen die Wange andrängen. Es kommt hinzu, dass wegen der Gefühllosigkeit im Munde Speisereste, oft nicht gehörig zerkleinert, an der Wange liegen bleiben und mechanisch, sowie, in Zersetzung übergegangen, auch chemisch die Schleimhaut reizen. Nach Durchschneidung des Trigeminus zeigt sich auch Röthung der Nasenschleimhaut derselben Seite. Diese rührt wohl daher, dass eingedrungener Staub oder abgesonderter Nasenschleim nicht reflectorisch aus der Nase entfernt wird, sondern liegen bleibt und nun reizend und entzündungerregend wirkt.

N. lingualis. 4. Der N. lingualis (k) nimmt unter einem spitzen Winkel die aus der Paukenhöhle kommende Chorda tympani (ii),

einen Ast des N. facialis in sich auf. Der Lingualis hat keine Bewegungsfasern. Er ist der sensible und Tastnerv der Zunge, der vorderen Gaumenbögen, der Mandel und des Bodens der Mundhöhle. Diese, sowie auch alle übrigen sensiblen Fasern der Mundhöhle rufen gereizt reflectorisch Speichelsecretion hervor (vgl. pag. 269, 2). Ausserdem ist der Lingualis Geschmacksnerv für die Spitze und Ränder der Zunge, (zu denen der N. glossopharyngeus nicht hinverläuft), denn nach Neurotomie des Lingualis beim Menschen sahen Busch, Inzani und Lussana das Tastgefühl der ganzen Zungenhälfte und das Geschmacksvermögen auf dem vorderen Zungentheil erloschen. Diese Fasern rühren jedoch von der Chorda tympani her, worüber beim N. facialis gehandelt wird. [Nach Schiff soll jedoch der Lingualis selbst diese Geschmacksfasern enthalten.] Im Innern der Zunge tragen die Lingualisfäden kleine Ganglien (Remak). Da Schiff nach Durchschneidung des Lingualis (und ebenso des Hypoglossus) Röthung der Zunge sah, so werden in seiner Bahn Vasomotoren vorhanden sein. Ob diese aus der Anastomose des Ggl. Gasseri mit dem Sympathicus stammen, ist unermittelt. Nach Trigeminusdurchschneidung beissen Thiere sich oft in die Zunge, deren Lage und Bewegung im Munde sie nicht fühlen können; hiedurch entstehen vielfach Verletzungen und Entzündungen.

N. alveolaris inferior.

5. Der N. alveolaris inferior ist Gefühlsast der Zähne und des Zahnfleisches; die Vasomotoren kommen vom Ggl. cervicale sup. Bevor er in den Kiefercanal tritt, gibt er den N. mylohyoideus ab, welcher die motorischen Fasern für den M. mylohyoideus und den vorderen Bauch des Digastricus abgibt und ebenso einige Fäden an den Triangularis menti und das Platysma. Auch die Muskelgefühlsfasern werden in diesen Fäden liegen. — Der aus dem Foramen mentale hervortretende N. mentalis ist nur Gefühlsast für Kinn, Unterlippe und Haut am Kieferrande.

6. Der N. auriculotemporalis gibt Gefühlszweige an die vordere Wand des äusseren Gehörganges, das Paukenfell, den vorderen Theil des Ohres, die angrenzende Schläfengegend und an das Kiefergelenk.

Das Ganglion oticum: Wurzeln.

Das Ggl. oticum (Ohrknoten) liegt unter dem Foramen ovale der inneren Seite des dritten Astes an. Als Wurzeln gehen in dasselbe hinein: 1. kurze motorische Fäden vom dritten Aste selber, 2. vasomotorische vom Geflechte der Art. meningea media (also vom oberen Halsganglion des Sympathicus herkommend), 3. vom Knie des N. facialis laufen zum Plexus tympanicus Fäden (β), von hier durch den Canaliculus petrosus als N. petrosus superficialis minor in die Schädelhöhle, dann durch das Foramen lacerum anticum denselben verlassend in das Ggl. oticum. Auch durch die Chorda tympani steht der N. facialis in constanter Verbindung mit dem Ganglion, dicht unterhalb dessen sie vorbeigeht.

Aeste desselben. Ausgehen vom Ggl. oticum als Fortsetzungen von 1. die motorischen Zweige für den M. tensor tympani und den M. tensor veli palatini (denen auch Muskelgefühlsfasern beigemischt sein werden) (Ludwig und Politzer). — 2. Ein oder mehrere Verbindungszweige des Ganglions zum N. auriculotemporalis werden die Wurzelfasern 2. und 3. vom Sympathicus und Facialis weiterführen, welche der besagte Nerv (A) bei seinem Durchtritt durch die Glandula parotis (P) an diese Drüse abgibt. Diese Aeste stehen der Speichelsecretion des Parotis vor, worüber pag. 266 bis 270 berichtet ist.

Das Ganglion submaxillare. Das Ggl. submaxillare (L) (s. linguale), dem convexen Bogen des vereinigten N. tympanico-lingualis und dem Ausführungsgang der Submaxillardrüse (M) anliegend, erhält als Wurzelfäden 1. Zweige der Chorda tympani (i i) [die nach Durchschneidung des N. facialis fettig entarten (Vulpian)]. Diese stehen in Beziehung zur Speichelsecretion der Unterkiefer- und Unterzungendrüse, indem sie Secretionsnerven (eines dünnflüssigen Speichels) und Vasodilatatoren enthalten (vgl. pag. 266 bis 270); auserdem geben sie Zweige an die glatte Musculatur des Ductus Whartonianus. [Es gehen jedoch nicht alle Fasern der Chorda zur Drüse, andere gehen bis in die Zunge (vgl. Chorda tympani beim N. facialis).] — 2. Die sympathische Wurzel des Ganglions geht aus dem Geflecht der Art. submentalis der maxillaris externa (q) hervor (also vom Ggl. cervicale supremum sympathici); sie geht zu den Drüsen und ist Secretionsnerv eines concentrirten Speichels (beziehungsweise trophischer Nerv der Drüsen); sie bringt ferner den Gefässen der Drüsen die Vasoconstrictoren. — 3. Sensible aus dem Lingualis stammende Wurzelfäden geben theils den Drüsen und ihren Ausführungsgängen sensible Fäden, theils ziehen sie, vom Ganglion wieder in den Tympanicolingualis eintretend, peripherisch zur Zunge weiter. — 4. Nach Cl. Bernard müssen endlich noch von der Schleimhaut der Mundhöhle Fäden zum Ganglion gehen und mit dessen als Secretionscentrum functionirenden Zellen sich verbinden. Diese bewirken gereizt eine dünnflüssige Speichelabsonderung (vgl. pag. 269).

Krampf in den Kaumuskeln. **Pathologisches.** Als pathologische Erscheinung im Gebiete des 3. Astes tritt uns zunächst der Krampf in den Kaumuskeln entgegen, in der Regel bilateral, sowohl als klonischer (Zähneklappern), als auch als tonischer Krampf (Trismus). Meist sind sie Theilerscheinungen ausgebreiteter Krämpfe, selten sind sie isolirt als Zeichen cerebraler Herderkrankungen der Medulla oblongata, des Pons und der Rinde der vorderen Centralwindung (Eulenburg). Die Krämpfe können natürlich auch reflectorischer Natur sein, zumal durch Reizung sensibler Kopfnerven bedingt.

Lähmung derselben. Entartungen des motorischen Kernes, oder Affectionen der Wurzel im Schädel, bringen Lähmung der Kaumuskeln hervor; sehr selten doppelseitig. Die Lähmung des M. tensor tympani soll Schwerhörigkeit (Romberg) oder Ohrensausen (Benedict) bewirkt haben. Hierüber, sowie über die Lähmung des Tensor veli palatini sind weitere Beobachtungen erwünscht.

Neuralgie des Trigeminus. In Bezug auf die sämmtlichen Aeste des Trigeminus muss zuerst der Neuralgie Erwähnung geschehen, welche anfallsweise mit heftigsten Schmerzen in die peripheren Ausbreitungen des Nerven ausstrahlt. Meist einseitig, pflegt das Leiden gewöhnlich nur einzelne Aeste, ja Zweige zu befallen. Ausstrahlungspunkte der Schmerzen sind oft die Knochencanäle, aus denen die Zweige hervortreten. Selten wird das Ohr, die Dura mater und die Zunge befallen. Nicht selten ist mit den Anfällen ein Zucken der entsprechenden Gruppen der Gesichtsmuskeln verbunden, welches entweder reflectorisch hervorgerufen ist, oder bei peripherer Irritation direct durch Reizung der mit Endfasern des Trigeminus vereinigten Facialisfasern entsteht. Die reflectorischen Zuckungen können in hohen Graden sogar sich ausbreiten auf die Arm- und Rumpfmusculatur.

Begleitende vasomotorische Erscheinungen. Als begleitende Erscheinung des Gesichtsschmerzes tritt die starke Röthe des befallenen Gebietes hervor, dabei in betreffenden Fällen vermehrte oder verminderte Absonderung der Nasen- und Mundschleimhaut. Es handelt sich hier gewiss um reflectorische Erscheinungen (Sympathicus). Auf vasomotorischer Erregung durch Reflex wird auch die oft beobachtete Störung der Hirnthätigkeit in Folge des veränderten Blutgehaltes beruhen. Ludwig und Dittmar fanden, dass Reizung sensibler Nerven eine Verengerung des arteriellen Strombettes und Blutdrucksteigerung in den Gehirngefässen zur Folge hat. So findet man Melancholie und Hypochondrie oft ausgeprägt. Ich kenne einen Fall, bei welchem während der heftigen Anfälle (3. Ast) ganz ausgeprägte Gesichtshalucinationen auftraten.

Trophische Störungen bei Trigeminusleiden. Von hohem Interesse sind die trophischen Störungen, welche sich einstellen bei Trigeminusaffectionen: Hieher gehören das Spröde- und Struppigwerden der Haare, das Ergrauen und Ausfallen derselben, — circumscripte Hautentzündungen und Bläschenausschlag im Gesichte (Zoster), auch auf der Hornhaut: (neuralgischer Herpes corneae, — Schmidt-Rimpler).

Endlich ist zu erwähnen die fortschreitende Gesichtsatrophie, die fast stets einseitig auftritt, aber auch doppelseitig gesehen ist (Eulenburg). Sie ist sehr wahrscheinlich durch ein Leiden der trophischen Thätigkeit des Trigeminus bedingt, doch kann auch reflectorisch die vasomotorische Thätigkeit des Sympathicus in Mitleidenschaft gezogen sein.

350. VI. Nervus abducens.

Anatomisches. Er entspringt etwas vor und aus dem Facialiskern aus grossen (denen des Vorderhornes des Rückenmarkes entsprechenden) Ganglien in der Tiefe des vorderen Bereiches des 4. Ventrikels; — dann tritt er am hinteren Rande des Pons hervor.

Function. **Er ist willkürlicher Nerv des M. rectus externus, (bei der coordinirten Bewegung der Augen wird er jedoch unwillkürlich erregt).**

Anastomosen. Ansehnliche Zweige treten vom Sympathicus im Sinus cavernosus zu ihm (Fig. 139 6), — geringere vom Trigeminus, deren Bedeutung wie die der analogen am Trochlearis und Oculimotorius ist.

Pathologisches. **Pathologisches.** Vollständige Lähmung bewirkt Schielen nach innen und in Folge davon Doppelsehen. — Bei Hunden hat die Durchschneidung des Halssympathicus eine geringe Wendung des Bulbus nach innen zur Folge (Petit). Es ist dies daraus herzuleiten, dass der Abducens einige motorische Muskelnerven vom Sympathicus cervicalis bezieht. — Krampf des Abducens bewirkt Aussenschielen.

Anderweitige Arten des Strabismus. Es soll hier endlich noch in Bezug auf das Schielen bemerkt werden, dass ausser durch Reizung oder Lähmung der Nerven, auch primäre Muskelaffectionen die Ursache abgeben können: angeborne Kürze, Contracturen, Verletzungen. Endlich entsteht der Strabismus bei Trübungen der durchsichtigen Augenmedien: die Befallenen drehen das betreffende Auge unwillkürlich so, dass die Sehstrahlen womöglich durch die noch klaren Theile der Medien hindurchgehen.

351. VII. Nervus facialis.

Der Nerv entspringt vom Boden der Rautengrube mit rein centrifugalen Fasern aus dem etwas hinter dem Abducensursprung gelegenen „Facialiskern", mit einigen Fasern aus dem Abducenskerne selbst. Andere Fasern kommen von vorn her aus dem Linsenkern der entgegengesetzten Seite. Er tritt mit 2 Wurzeln zu Tage, von denen die kleinere (Portio intermedia Wrisbergii oder N. intermedius auch mit dem N. acusticus in Zusammenhang steht (siehe diesen). Mit letzterem betritt er zuerst den Porus acusticus internus und im Grunde dieses sodann von ihm getrennt den Canalis facialis s. Fallopiae. Er hat zuerst die transversale Richtung bis gegen den Hiatus dieses Canales, dann wendet er sich, unter einem rechten Winkel (an dem „Knie") (α) über der Paukenhöhle hinwegziehend, um an der hinteren Seite dieser Höhle im Knochen niederzusteigen. Schliesslich tritt er aus dem Foramen stylomastoideum frei hervor, durchdringt die Parotis und vertheilt sich fächerförmig getheilt (Pes anserinus major) in seine Endäste. *Anatomisches.*

Seine Aeste sind:

1. Der motorische N. petrosus superficialis major (j); er tritt vom Knie durch den Hiatus aus dem Canalis facialis in die Schädelhöhle hinein, läuft auf der vorderen Felsenbeinfläche abwärts, tritt durch das Foramen lacerum anticum auf die untere Fläche des Schädelgrundes und zieht dann durch den Canalis Vidianus zum Ggl. sphenopalatinum (siehe pg. 672). Ob der Nerv auch vielleicht vom zweiten Aste des Trigeminus dem Facialis sensible Fasern zuträgt, wird von Prévost bestritten, ist jedoch noch unermittelt. *N. petrosus superficialis major.*

2. Vom Knie zum Ggl. oticum Verbindungsfäden (β), (deren Verlauf und Function siehe beim Ggl. oticum. pg. 674 3). *Verbindung zum Ggl. oticum.*

3. Der motorische Ast zum M. stapedius (γ). *N. stapedius.*

4. Die Chorda tympani (i i) (Varolius 1573) entsteht vor dem Austritt des Facialis aus dem Foramen stylomastoideum (s), läuft durch die Paukenhöhle (über der Sehne des Tensor tympani zwischen Manubrium mallei und Processus longus incudis, tritt durch die Fissura petrotympanica nach aussen zur Schädelbasis und senkt sich unter einem spitzen Winkel in den N. lingualis (siehe pg. 673, 4). Vor dieser Vereinigung findet zwischen ihr und dem Ggl. oticum (m) ein Faseraustausch statt. Hierdurch kann die Chorda sensible Fasern (vom dritten Ast) zugeschickt bekommen (E. Bischoff), welche centripetal zum Facialis und in dessen Bahn dann peripherisch weiter verlaufen. Aber es können auch aus dem Lingualis in gleicher Weise sensible Fasern durch die Chorda zum Facialisstamme treten (Longet). Die Reizung der Chorda (bei Menschen mit zerstörtem Trommelfell möglich) bewirkt auch ein stechend prickelndes Gefühl im vorderen Seitentheile und in der Spitze der Zunge (Tröltsch). Man hat wohl angenommen, dass diese Fasern von der Peripherie her in den Facialis eintreten (nämlich durch den N. auriculotemporalis in die Gesichtsäste des Facialis), im Facialis zuerst centripetal, dann aber in die Chordabahn centrifugal verlaufen (Calori). *Chorda tympani.* *Sensible Fasern.*

Secretionsfasern und Vasodilatatoren. — Weiterhin enthält die Chorda Secretionsfasern und Vasodilatatoren für die Glandula sublingualis und submaxillaris (siehe Ggl. submaxillare pg. 675).

Geschmacksfasern. Durch die Beobachtung vieler Forscher ist ferner festgestellt, dass die Chorda tympani auch Geschmacksfasern enthält, welche sie weiterhin in der Bahn des Lingualis der Zunge zuträgt (siehe N. lingualis pg. 673) (Roux, Baragiola, Inzani, Lussana, Neumann). Nun soll nach Stich Geschmacksstörung nie vorkommen bei rein centraler Facialislähmung, stets bei Lähmung am Foramen stylomastoideum (s), endlich mitunter bei Unterbrechung des Facialis innerhalb des Felsenbeines. Aus der mittleren dieser drei Beobachtungen muss gefolgert werden, dass in den Stamm des Facialis ausserhalb des Foramen stylomastoideum Geschmacksfasern eintreten. Sie treten so zuerst centripetal in den Facialisstamm und begeben sich dann zur Chorda. Stich vermuthet den Auriculotemporalis vermittelst seiner im Gesichte liegenden Anastomose als diesen Zuträger; doch muss diese Annahme fallen, da bei Lähmung des ganzen Trigeminus der Geschmack nicht gelitten hatte (Althaus, Vizioli).

Die Geschmacksfasern entstammen dem Glossopharyngeus. Es will mich immerhin als das wahrscheinlichste dünken, dass die Geschmacksfasern vom Glossopharyngeus herrühren. Hierfür finden sich nun in der That verschiedene Bahnen. Nämlich zuerst eine jenseits des Foramen stylomastoideum, nämlich durch den Ramus communicans cum nervo glossopharyngeo (ε), der vom letztgenannten Nerv in einen Ast des Facialis geht, der zugleich die motorischen Fasern für den M. stylohyoideus und den hinteren Bauch des Digastricus maxillae in sich enthält (Henle's N. styloideus). Diese Vereinigung erklärt die constante Geschmacksstörung nach Verletzung des Facialis am Griffelwarzenloche. [Dieser Nerv gibt ausserdem vielleicht Muskelgefühlsfasern für die Mm. stylohyoideus und den hinteren Digastricus-Bauch. Ausserdem wird angenommen, dass durch diese Anastomose dem Glossopharyngeus motorische Fasern vom Facialis zugebracht werden (Henle).]

Eine zweite Vereinigung zwischen dem 9. und 7. Nerven liegt in der Paukenhöhle: der in die Paukenhöhle dringende N. tympanicus des Glossopharyngeus (λ) hängt im Paukengeflechte zusammen mit dem N. petrosus superficialis minor (β), der vom Knie des Facialis kommt. Der N. petrosus superficialis minor kann so Geschmacksfasern zum Knie des Facialis tragen. Er kann aber auch die Geschmacksfasern zuerst in das Ggl. oticum führen, welches constant mit der Chorda tympani zusammenhängt (vgl. Ggl. oticum, pg. 674 3). Endlich ist noch eine dritte Verbindung beschrieben durch ein Fädchen (π) vom Ggl. petrosum des 9. Nerven direct zum Facialisstamm im Fallopi'schen Canale (Garibaldi).

Es soll endlich noch erwähnt werden, dass nach Einigen die Chorda Vasodilatatoren für den vorderen Zungenabschnitt enthalte, und endlich nach Cl. Bernard motorische Aeste für den Musc. longitudinalis superficialis linguae.

Andere zweifelhafte Zungenfasern.

5. Noch vor dem Abgang der Chorda tritt der Stamm des Facialis in directe Beziehung zu dem, seine Bahn im Canaliculus mastoideus kreuzenden, N. auricularis vagi (δ) (siehe den N. vagus), der ihm sensible Fasern zuführen kann.

Verbindung mit dem N. auricularis vagi.

6. Hervorgetreten aus seinem Canale gibt der Facialis nur noch motorische Aeste an die Mm. stylohyoideus und hinteren Biventerbauch, den M. occipitalis, ferner an alle Muskeln des äusseren Ohres und des Antlitzes, an den M. buccinator und das Platysma.

Periphere Aeste.

Obwohl der Facialis in den meisten Gesichtszweigen dem Willen unterworfen ist, so können doch die meisten Menschen die Muskeln der Nase und der Ohrmuschel nicht willkürlich bewegen. Ich bin im Stande ganz allein die Mm. transversus und obliquus auriculae zu contrahiren, wobei zugleich durch die Biegung des Ohrknorpels ein knurpsendes Geräusch in dem betreffenden Ohr entsteht. Ebenso gelingt mir die halbseitige Contraction des Orbicularis oris der Unterlippe.

Im Gesicht anastomosiren die Facialiszweige regelmässig mit denen des Trigeminus. Hierdurch tragen letztere den Muskeln zugleich Muskelgefühlsfasern zu. Dieselbe Bedeutung haben die peripheren Vereinigungen der sensiblen Zweige des N. auricularis vagi und auricularis magnus für die Ohrmuskeln, sowie endlich die Verbindung der sensiblen Fäden vom dritten Cervicalnerven für die Facialisfasern des Platysma. Durchschneidung des Facialis am Griffelwarzenloch ist schmerzhaft, noch schmerzhafter aber ist die der peripheren Gesichtsäste (Magendie), was sich aus dem Mitgetheilten mit Leichtigkeit ergibt.

Bedeutung der peripheren Anastomosen.

Pathologisches. Bei den Lähmungen des Facialis ist vor Allem wichtig zu untersuchen, ob der Sitz der Affection entweder ein peripherer in der Gegend des Foramen stylomastoideum sei, — oder im Verlaufe des langen Canalis Fallopiae, — oder endlich gar ein centraler (cerebraler). Eine genaue Analyse der Symptome gibt hierüber Auskunft. — Als Ursache der Lähmungen am Foramen stylomastoideum ist häufig eine rheumatische zu bezeichnen, die wahrscheinlich auf einer Exsudation beruht, die den Nerven (vielleicht an der Stelle des von Rüdinger an der inneren Seite des Fallopischen Canales zwischen Periost und Nerven bestehenden Lymphraumes, einer Ausbuchtung des Arachnoidalsackes) durch Compression lähmt. Fernere Ursachen sind Entzündungen der Parotis, directe Traumen, Druck der Geburtszange bei Neugebornen. — Im Verlaufe des Canales sind Fracturen des Felsenbeines, Blutergüsse in den Canal, syphilitische Auftreibungen, Caries des Felsenbeines, zumal bei inneren Ohrentzündungen als Lähmungsursachen zu nennen. — Als intracranielle Ursachen sind endlich zu bezeichnen Affectionen der Gehirnhäute und der Schädelbasis in der Umgebung des Nerven, — dann Erkrankungen des „Facialiskernes“, — endlich des Rindencentrums des Nerven und der Verbindung dieses mit dem Kerne.

Pathologisches. Lähmung des Facialis.

Ursachen.

Sitz im Felsenbein.

Als Symptome der einseitigen Facialislähmungen ergeben sich: 1. Lähmung der Gesichtsmuskeln: die Stirn ist glatt, faltenlos, die Lidspalte geöffnet (Lagophthalmos paralyticus), mit dem äusseren Winkel tiefer stehend. Um das Auge dem Lichte zu entziehen, rollt der Kranke den Bulbus

Lähmung des Gesichtes.

unter das obere Augenlid (Bell) und erschlafft den Levator palpebrae, wodurch das Lid etwas niedersinkt (Hasse). Die Nase kann nicht bewegt werden, die Nasolabialfalte ist verstrichen. Hierdurch können für den Riechact Beeinträchtigungen auftreten, weil das Nasenloch sich nicht mehr erweitern *Geruchsstörung.* kann. Hauptsächlich liegt aber die Geruchstörung begründet in der mangelhaften Thränenleitung (wegen Lähmung des Lidschlages und des Horner'schen Muskels), welche die entsprechende Seite der Nasenhöhle trockener werden lässt. Pferde, welche beim Athmen die Nüstern sichtlich erweitern, sollen nach doppelseitiger Durchschneidung des Facialis an Athembehinderung zu Grunde gehen (Cl. Bernard). Das ganze Gesicht ist nach der gesunden Seite hin verzogen, so dass Nase, Mund und Kinn zumal schief stehen. — Die Lähmung *Störung beim Kauen.* des Buccinator behindert die normale Formation des Bissens (pg. 279); die Speisen häufen sich in der erschlafften Backenausweitung an, aus welcher sie der Befallene schliesslich mit dem Finger herverholen muss; — Speichel und Getränk laufen leicht aus dem Mundwinkel ab. Bei starker Exspiration wird *Sprachstörung.* die Backe segelartig aufgetrieben. — Die Sprache kann Beeinträchtigung erfahren durch Erschwerung der Bildung der Lippenconsonanten (zumal bei doppelseitiger Lähmung) und auch der Vocale U, Ü, O. Pfeifen, Saugen, Blasen, Ausspucken sind gestört. — Die doppelseitige Lähmung hat manche dieser Symptome in verstärktem Masse; — andere, wie die Schiefstellung des *Mimische Störung.* Gesichtes, fallen natürlich weg. Das Gesicht ist völlig erschlafft, ohne jedes Mienenspiel, die Kranken weinen und lachen „wie hinter einer Maske" (Rom- *Lähmung am Gaumen,* berg). — 2. Bei den Lähmungen am Gaumen (N. petrosus superficialis major) ist bis jetzt nicht ermittelt, ob und inwieweit sie auf die Schlingbewegung und die Sprache [nasales Timbre der Vocale (pg. 607) und Con- *Geschmacksstörung.* sonantenbildung] influenciren. — 3. Beeinträchtigungen des Geschmackes (entweder Fehlen desselben auf den vorderen $^2/_3$ der Zunge, oder Verzögerung und Alteration der Empfindung) ergeben sich aus dem über die Chorda tympani *Störung der Speichelsecretion.* Gesagten — 4. Eine Speichelverminderung auf der gelähmten Seite beschrieb zuerst Arnold, doch wird abzuwägen sein, inwieweit eine etwaige gleichzeitige Geschmacksbeeinträchtigung eine Störung der reflectorischen Speichelabsonderung nach sich ziehen kann, oder ob etwaiges stärkeres Verdunsten des Speichels aus den geöffneten Lippen und Mundwinkel die grössere Trockenheit *Störung des Gehöres.* der Mundseite bewirkt. — 5. Als Störung des Gehörs ist seit Roux auf eine gesteigerte Gehörsempfindlichkeit aufmerksam gemacht (Hyperakusis Willisiana). Die Lähmung des M. stapedius verursacht ein Schlottern des Stapes in der Fenestra ovalis, so dass nunmehr alle Stösse vom Trommelfell her sich sehr wirksam auf den Steigbügel übertragen müssen, der nun seinerseits bedeutende Schwankungen des Labyrinthwassers erzeugt.

Störung im Wachsthum der Gesichtsknochen. Durchschneidung des Facialis bei jungen Thieren macht die entsprechenden Muskeln atrophisch. Daher bleiben auch die Gesichtsknochen im Wachsthum zurück: sie bleiben kleiner, und es wachsen daher die Gesichtsknochen der intacten Seite schliesslich über die Mittellinie hinaus, gegen die afficirte Seite hin gewendet (Brown-Séquard, Brücke). Auch die Speicheldrüsen bleiben kleiner (Brücke).

Krämpfe im Gebiet des Facialis. Reizungen im Gebiete des Facialis haben in der augenfälligsten Weise zunächst partielle oder ausgebreitete, ferner entweder direct hervorgerufene, oder reflectorisch erregte tonische oder klonische Krämpfe zur Folge. Die ausgebreiteten Formen werden als „mimischer Gesichtskrampf" bezeichnet. Unter den partiellen Krämpfen ist der *Lidkrampf.* tonische Lidkrampf (Blepharospasmus) am häufigsten, hervorgerufen durch Erregung der sensiblen Augennerven (zumal bei scrophulösen Augenentzündungen), oder durch excessive Reizbarkeit der Netzhaut (Photophobie). Seltener geht die Erregung von entfernteren Punkten aus, z. B. in einem Falle durch entzündliche Reizung des vorderen Gaumenbogens (v. Gräfe). Das Centrum der Reflex- *Blinzeln.* erregung ist der Facialiskern. — Die klonische Krampfform, das krampfhafte Blinzeln (Spasmus nictitans), ist meist reflectorischen Ursprunges durch Reizung an den Augen, den Zahnnerven, oder selbst entfernt liegender Nerven. In hohen Graden wird das Leiden doppelseitig und breiten sich sogar die Krämpfe auf die *Andere Zuckungen.* Muskeln des Halses, des Rumpfes und der Oberextremitäten aus. — Zuckungen in den

Muskeln der Lippen werden theils durch Gemüthsbewegungen (Zorn, Trauer), theils reflectorisch erzeugt. Fibrilläre Zuckungen zeigen sich auch nach Lähmungen des Facialis als Entartungsphänomen (pg. 552). Intracranielle Reizungen der verschiedensten Art, welche die centralen Bezirke des Nerven treffen, können gleichfalls zu Krämpfen Veranlassung geben. Endlich kann der Gesichtskrampf als Theilerscheinung allgemeiner Krämpfe auftreten, wie bei Epilepsie, Chorea, Hysterie, Tetanus. Schon Aretäus (81 n. Chr.) macht die interessante Notiz, dass im Tetanus sich die Ohrmuskeln mitbewegen. — Ueber den Einfluss der Facialisreize auf die Speichelsecretion, den Geschmack, die Gaumenbewegung, die Gehörwahrnehmung müssen wir erst in Zukunft durch genaue ärztliche Untersuchungen belehrt werden. Ich finde bei mir während des Gähnens (pg. 234) eine transitorische Schwerhörigkeit, welche ich auf einen Krampf des Stapedius beziehe: ein Gegenstück zur Hyperakusis Willisiana.

352. VIII. Nervus acusticus.

Anatomisches.

Derselbe geht hervor aus zwei Kernen (Stieda), deren Ganglien unter einander anastomosiren. Dieselben liegen an der breitesten Stelle der Rautengrube. Der vordere Kern, welcher mit der Portio intermedia Wrisbergii zusammenhängt, scheint zum Theil vasomotorische Fasern zu führen. Ein Theil seiner Fasern läuft durch den Pedunculus cerebelli zum Kleinhirn; sie dienen wahrscheinlich der Gleichgewichtsregulirung; die am Boden der vierten Hirnhöhle querverlaufenden weissen Striae medullares sollen zum Pedunculus cerebelli der gegenüberliegenden Seite verlaufen. Vom Kleinhirn gelangen auf noch unbekanntem Wege weiterhin Fasern des Gehörnerven zum Pedunculus cerebri und weiterhin endlich bis zur Hirnrinde (Meynert), in welcher in der Occipitalgegend ein Rindencentrum zu suchen ist. — Beim Schaf und Pferd entspringen die beiden Hauptäste des Acusticus, der feinfaserige N. cochleae und der N. vestibuli isolirt, was auf ihre gesonderte Function hinweist (Horbaczewski).

Im Verlaufe des Porus acusticus internus kommt es zwischen dem Gehörnerven und der Portio intermedia des Facialis zu einem Faseraustausch, dessen physiologische Bedeutung nicht aufgeklärt ist.

Function.

Dem Acusticus kommt eine doppelte Function zu, nämlich er ist der Gehörnerv: jede Reizung seiner Ursprungsstellen, des Verlaufes oder der Endausbreitung bewirkt Gehörswahrnehmung, jede Verletzung, je nach der Intensität Schwerhörigkeit bis Taubheit.

Hiervon verschieden ist die Function des Nerven, welche allein in den halbcirkelförmigen Canälen localisirt ist, nämlich die, durch Erregung der peripheren Ausbreitung in den Ampullen auf die zur Aufrechterhaltung des Körpergleichgewichtes nothwendigen Bewegungen zu wirken.

Verhalten bei galvanischer Durchströmung.

Von besonderer Wichtigkeit ist das Verhalten des Acusticus dem galvanischen Strome gegenüber. Bei Gesunden zeigt sich nämlich bei Kathodenschliessung eine Klangwahrnehmung im Ohre, die während des Geschlossenseins am Ohre, sich abschwächend, anhält. Ferner zeigt sich bei der Anodenöffnung ein schwächeres Klingen: (Brenner's akustische Normalformel).

Pathologische Störungen der Gehörthätigkeit.

Pathologisches zur Gehörthätigkeit. Eine gesteigerte Erregbarkeit des Gehörnerven an irgend einer Stelle seines Verlaufes, seiner Centren oder der Endausbreitungen bringt die nervöse Feinhörigkeit, Hyperakusis, mit sich, meist ein Zeichen ausgebreiteter gesteigerter Nervenerregbarkeit, z. B. bei Hysterischen. In besonders hohen Graden kann es bis zu einer entschieden schmerzhaften Empfindlichkeit kommen, die man als akustische Hyperalgie bezeichnen kann (Eulenburg). — Reizungen

der besagten Gebiete bringen Gehörswahrnehmungen hervor, unter denen das nervöse Ohrensausen oder Ohrenklingen (Tinnitus) (welches vielfach allein auf einer Veränderung in dem Blutgehalte der Ohrgefässe beruht: anämische oder hyperämische Reizung) das häufigste ist. Merkwürdig ist der Tinnitus nach grossen Chinin- oder Salicyldosen. Häufig findet sich beim Ohrensausen die Reaction auf die Anwendung des galvanischen Stromes verstärkt. Seltener besteht eine sogenannte paradoxe Reaction: d. h. bei Application des galvanischen Stromes an dem einen Ohre zeigt sich neben der Reaction in diesem Ohre die entgegengesetzte in dem nicht durchströmten Ohre. In anderen Fällen von Leiden der Gehörnerven können Geräusche statt Klänge durch den Strom hervorgerufen werden. Ausserdem beobachtete man mancherlei Abweichung von der Brenner'schen Formel, sogar völlige Umkehr derselben. — Erregungen vornehmlich des corticalen Centrums des Acusticus, zumal bei Geisteskranken, können Gehörsphantasmen hervorbringen. — Ist die Erregbarkeit der Gehörnerven vermindert oder gar vernichtet, so zeigt sich die nervöse Schwerhörigkeit (Hypakusis) und die nervöse Taubheit (Anakusis).

Gleichgewichtsstörungen nach Verletzung der Bogengänge.

Die Bogengänge des Labyrinthes müssen gewissermassen als ein Sinneswerkzeug für die Gleichgewichtsstellung des Kopfes bezeichnet werden (Goltz), oder als ein solches für die Wahrnehmung der Kopfbewegung (Mach, Breuer). Zerschneidung der Gänge oder Anstechen derselben zerstört nicht die Gehörwahrnehmung, dahingegen treten sehr prägnante Störungen des Gleichgewichtes auf, zumal dann, wenn die Verletzung doppelseitig geschah (Flourens).

Charakteristisch ist die pendelnde Bewegung des Kopfes in der Richtung der Ebene des verletzten Bogenganges. Wird der horizontale Bogengang durchschnitten, so dreht sich der Kopf (der Taube) abwechselnd nach rechts und links. Die Drehungen treten zumal hervor, wenn das Thier Bewegungen intendirt; ruht dasselbe, so treten sie zurück. Die Erscheinung kann selbst Monate lang dauern. Verletzung der hinteren verticalen Gänge verursacht starke auf- und niedergehende Nickbewegungen, wobei das Thier nicht selten vorn oder hinten überstürzt. Verletzung endlich der oberen verticalen Bogengänge verursacht ebenfalls pendelnde Verticalbewegungen des Kopfes mit öfterem Vornüberfallen. Bei Zerstörung aller Gänge erfolgen vielfach verschiedene pendelnde Kopfbewegungen, die das Stehen oft unmöglich machen. Breuer sah nach elektrischer Reizung der Canäle Drehungen des Kopfes eintreten; als ich die freigelegten Gänge mit Kochsalzlösung bepinselte, sah ich die geschilderten Pendelbewegungen eintreten, die nach einiger Dauer mitunter völlig wieder verschwanden. — Das Ausreissen der Facialiswurzel soll denselben Erfolg haben (Flourens).

Erklärung der Erscheinungen.

Nach Goltz übt bei jeder Kopfstellung die Endolymphe auf eine bestimmte Stelle der Bogengänge den stärksten Druck aus und erregt so in verschiedenen starken Graden die Nervenendigungen der Ampullen. Nach Breuer finden in den Bogengängen bei Drehungen des Kopfes Strömungen der Endolymphe statt, die in festen Beziehungen zu Richtung und Ausmass der Kopfbewegung stehen, die also, wenn sie percipirt werden, ein Empfindungsmittel für die Beurtheilung der Kopfbewegung abgeben. Die nervösen Endorgane der Ampullen sind geeignet, diese Perception auszuführen. Wenn somit die Bogengänge als Werkzeuge für die Wahrnehmung der Stellung oder der Bewegungen

des Kopfes functioniren, so wird ihre Zerstörung oder Reizung diese Wahrnehmungen alteriren und so zu abnormen Kopfschwankungen Veranlassung geben. — Vulpian leitete die Drehungen des Kopfes her von starken Gehörwahrnehmungen in Folge der Affection der Canäle. — Böttcher sieht die Ursache in der Verletzung benachbarter Gehirntheile. Ich finde die pendelnde Kopfbewegung so charakteristisch, dass man sie nicht mit Gleichgewichtsstörungen nach Gehirnverletzungen verwechseln kann.

Es ist wahrscheinlich, dass die Gleichgewichtsstörungen und Schwindelanfälle, welche nach längerer Rotation um eine Körperaxe sich einstellen, oder bei der galvanischen Durchströmung des Kopfes zwischen den Processus mastoidei auftreten, ebenfalls von Einwirkungen auf die Bogengänge des Labyrinthes herrühren.

Pathologisches. Die bei Affectionen des Labyrinthes und bei der sog. Menière'schen Krankheit auftretenden Schwindelanfälle, die nicht selten mit Ohrensausen begleitet sind, müssen auf eine Affection der Ampullennerven, oder ihrer Centralorgane, oder der halbcirkelförmigen Canäle bezogen werden. — Merkwürdiger Weise findet sich bei chronischen Magenerkrankungen mitunter die Neigung zu Schwindelanfällen (Trousseau's Magenschwindel). Vielleicht kommt derselbe so zu Stande, dass die Reizung der Magennerven die Gefässnerven des Labyrinthes erregt, was auf die Druckverhältnisse der Endolymphe influiren müsste.

353. IX. Nervus glossopharyngeus.

Anatomisches. Dieser Nerv (9) entspringt aus dem gleichnamigen Kerne in der unteren Hälfte der vierten Hirnhöhle und aus der Tiefe der Medulla oblongata nahe der Olive. Der Kern hängt mit dem Vaguskerne zusammen. Die Fäden sammeln sich zu zwei Stämmchen, die später verschmelzen und verlassen vor dem Vagus die Medulla oblongata. In der Fossula petrosa schwillt er zu dem Ggl. jugulare an (s. Anderschii s. petrosum), von welchem mitunter ein versprengter Theil (an dem hinteren Stämmchen) noch innerhalb der Schädelhöhle als besonderes Ggl. Ehrenritteri angetroffen wird. Im Ggl. jugulare anastomosirt der Nerv mit dem Trigeminus, Facialis (ε und π), Vagus und dem Plexus caroticus. Von diesem Ggl. steigt auch senkrecht der N. tympanicus (λ) aufwärts in die Paukenhöhle, um sich mit dem Plexus tympanicus zu vereinigen. Dieser Ast gibt auch der Paukenhöhle und der Tuba Eustachii sensible Aeste.

Function. Seiner Function nach ist er zunächst: 1. Geschmacksnerv auf dem hintern Drittel der Zunge, dem Seitentheil des weichen Gaumens und dem Arcus glossopalatinus.

(Ueber die Geschmacksthätigkeit auf den vorderen zwei Dritteln der Zunge ist beim N. lingualis und der Chorda tympani berichtet.) Die Zungenäste tragen Ganglien, zumal an den Theilungsstellen und an der Basis der Papillae vallatae (Remak, Kölliker, Schwalbe). Die Endzweige lassen sich bis in die umwallten Papillen (U) verfolgen, deren Geschmacksknospen den Endapparat darstellen. Letztere entarten nach Durchschneidung des Nerven in 4 Monaten (v. Vintschgau und Hönigschmied).

2. Er ist Gefühlsnerv für das hintere Drittel der Zunge, die vordere Fläche des Kehldeckels, die Tonsillen, die vorderen Gaumenbögen, den weichen Gaumen und einen Theil des Pharynx. Diese Nerven rufen auch reflectorisch (Schling-) Bewegungen am Gaumen und Pharynx hervor (Volkmann), die sich sogar zu Würg- und Brechbewegungen steigern können (pg. 288), ferner auch bewirken sie (ebenso wie die Geschmacksfasern) reflectorische Speichelabsonderung (pg. 269).

3. Er ist motorischer Nerv für den Stylopharyngeus und Constrictor pharyngis medius (Volkmann) [ferner nach einigen Angaben für den (?) Glossopalatinus (Hein) und den (? ?) Levator veli palatini und Azygos uvulae (vgl. Ggl. sphenopalatinum)]. Immerhin ist es zweifelhaft, ob der Glossopharyngeus schon an seinem Ursprunge motorische Fasern führt, oder ob ihm diese erst im Ggl. petrosum durch den communicirenden Ast vom Facialis zugetragen werden.

4. Ein Zweig begleitet die Arteria lingualis (Crüveilhier); vielleicht wirkt dieser gefässerweiternd für die Zungenwurzel.

Sichere pathologische Beobachtungen beim Menschen, welche sich auf reine und isolirte Affectionen des 9. Nerven beziehen, liegen nicht vor.

354. X. Nervus vagus.

Anatomisches. Sein mit dem 9. und 11. Nerven im Zusammenhang stehender Ursprungskern ist die Ala cinerea in der unteren Hälfte der Rautengrube. Er verlässt hinter dem 9. Nerv mit 10 bis 15 Fäden zwischen Keilstrang und Seitenstrang das verlängerte Mark und bildet am Foramen jugulare das gleichnamige Ganglion. Seine Aeste enthalten Fasern verschiedener Function.

Ramus meningeus. 1. Der sensible Ramus meningeus (vom Ggl. jugulare), welcher in Begleitung mit vasomotorischen Sympathicusfasern den hintern Ast der Art. meningea media verfolgt und auch Aestchen zu den Sinus occipitalis und transversus schickt.

Bei starken Congestionen zum Kopfe und Entzündungen der Dura mater vermag seine Reizung Erbrechen zu erregen.

Ramus auricularis. 2. Der Ramus auricularis (vom Ggl. jugulare) nimmt eine Verbindung vom Ggl. petrosum des 9. Nerven auf, kreuzt dann, durch den Canaliculus mastoideus verlaufend, die Bahn des Facialis, mit welchem er einen Faseraustausch unbekannter Bedeutung vollführt. Weiterziehend gibt er sensible Aeste zum hinteren Umfang des Gehörganges und dem anstossenden Theil der Ohrmuschel. Ein Zweig läuft mit dem N. auricularis posterior des Facialis, welchem er für die Muskeln Muskelgefühlsfasern zuertheilt.

Auch dieser Nerv vermag, durch Entzündungen oder Fremdkörper im äusseren Gehörgang gereizt, Erbrechen zu erregen. Reizung der Tiefe des äusseren Gehörganges im Innervationsgebiete des R. auricularis erregt reflectorisch auch Husten. Endlich erfolgt auf Reizung des R. auricularis reflectorische Verengerung der Ohrgefässe (Snellen, Lovén). [Der Nerv ist der Ueberrest eines bei den Fischen und Froschlarven existirenden bedeutenden Vagusstammes, der sich unter der Haut an der Seite des Körpers hin erstreckt (Joh. Müller)]

Verbindungsäste des Vagus. 3. Verbindungsäste des Vagus sind: 1. Ein Aestchen, welches das Ggl. petrosum des 9. mit dem Ggl. jugulare des 10. direct verbindet; Function unbekannt. — 2. Dicht über dem Plexus gangliiformis vagi senkt sich die ganze innere *Die Accessorius-Fasern.* Hälfte des Accessorius in den Vagusstamm. Dieser führt dem letzteren die Bewegungsnerven für den Kehlkopf und den Halsösophagus zu, (die im innern Theile des

Nervenstammes liegen (Steiner)], sowie die Herzhemmungsfasern (Cl. Bernard) [nach van Kempen und Navratil sollen alle Bewegungsfasern des Vagus aus dem Accessorius kommen, ausgenommen die für den Kehlkopf]. — 3. Im Plexus gangliiformis vereinigen sich mit dem Vagus Fasern unbekannter Function vom Hypoglossus, vom Ggl. cervicale supremum sympathici und vom Plexus cervicalis.

Vagus-Aeste des Schlundgeflechtes.

4. Zum Schlundgeflechte sendet der Vagus vom oberen Theil des Plexus gangliiformis 1 bis 2 Aeste, die in der Höhe des mittleren Schlundschnürers mit den Schlundästen des 9. Nerven und des obersten sympathischen Halsganglions neben der Art. pharyngea ascendens den Plexus pharyngeus bilden. Der Vagus versorgt in diesem Geflechte die drei Schlundschnürer mit Bewegungsnerven, auch der Tensor (vgl. Ggl. oticum) und Levator veli palatini (vgl. Ggl. sphenopalatinum) sollen motorische Fäden (? Muskelgefühlsfasern) erhalten. Sensible Vagusfasern des Schlundgeflechtes versorgen den Schlundkopf von der Stelle unterhalb des Gaumensegels an abwärts. Diese Fasern erregen reflectorisch die Schlundschnürer beim Schlingen (vgl. pg. 285). Bei stärkerer abnormer Reizung vermögen sie auch Erbrechen zu bewirken. [Die sympathischen Fasern des Schlundgeflechtes geben vasomotorische Nerven an die Schlundgefässe; über die Schlundzweige des 9. Nerven siehe oben.]

5. Von den zwei Kehlkopfsästen des Vagus nimmt:

Laryngeus superior.

a) Der N. laryngeus superior einen vasomotorischen Faden vom obersten Sympathicusganglion auf. Er theilt sich in einen Ramus externus und internus. — 1. Der R. externus nimmt abermals aus derselben Quelle Vasomotoren an sich (die weiterhin auch die Art. thyreoidea superior begleiten) und innervirt mit Bewegungsfasern den M. crico-thyreoideus, mit Gefühlsfasern den unteren seitlichen Bereich der Larynxschleimhaut. — 2. Der Ramus internus gibt nur sensible Aeste ab, an die Plica glotto-epiglottica und die zunächst davon seitlich liegende Region der Zungenwurzel, an die Plicae aryepiglotticae und an das ganze Innere des Kehlkopfes (soweit der R. externus nicht reichte) (Longet). Die Reizung aller dieser sensiblen Zweige ruft reflectorisch Husten hervor. Dasselbe bewirken die sensiblen Vaguszweige der Trachea, namentlich an der Bifurcationsstelle, ferner die der Bronchialschleimhaut, letztere aber erst bei anhaltendem Reize, so dass die Gegenwart von Fremdkörpern oder Sputum in den Bronchien nur periodische Hustenstösse auslöst. Auch Reizung der Tiefe des äusseren Gehörganges im Innervationsgebiet des R. auricularis vagi bewirkt Husten. Zu den Stellen, von denen Husten ausgelöst werden kann, gehört noch das Lungengewebe, die krankhaft veränderte (entzündete) Pleura, die Leber und Milz (Naunyn). Das Husten-

Ramus externus. *Ramus internus.* *Husten-Erregung.*

centrum soll zu beiden Seiten der Raphe in der Nähe der Ala cinerea belegen sein (Kohts). Zu sehr heftigen Hustenanfällen kann sich durch Reizung des Schlundes oder als Mitbewegung Erbrechen hinzugesellen.

Athmungshemmungsfasern. Pressorische Fasern.

Der Laryngeus superior enthält ferner noch centripetalleitende Fasern, welche gereizt Stillstand der Athmung unter Schluss der Stimmritze bewirken (Rosenthal) [siehe Athmungscentrum]; endlich Fasern, die centripetalleitend gereizt das vasomotorische Centrum zu höherer Energie anregen, also „pressorische Fasern" [siehe Vasomotoren].

Laryngeus inferior.

b) Der N. laryngeus inferior s. recurrens schlägt sich links um den Aortenbogen, rechts um den Truncus cleidocaroticus, gibt aufsteigend in der Rinne zwischen Trachea und Oesophagus Bewegungsfäden an diese und den unteren Schlundschnürer ab und tritt dann zum Kehlkopf, dessen Muskeln er Bewegungsfasern gibt (mit Ausnahme des Cricothyreoideus). Er wirkt auch hemmend auf das Athmungscentrum; (siehe dieses).

Anastomose zum superior.

Vom N. laryngeus superior läuft ein Verbindungszweig zu dem inferior hin (Philipeaux und Vulpian), welcher noch sensible Aestchen zur Laufröhre, vielleicht auch zum Oesophagus (Longet) und die Muskelgefühlsfasern für die vom Recurrens versorgten Kehlkopfsmuskeln abgibt. — Nach Waller und Burchard stammen die Bewegungsfasern der beiden Laryngei sämmtlich vom Accessorius; nach Chauveau ist der Cricothyreoideus ausgenommen.

Ursprung aus dem Accessorius.

Physiologische Beobachtungen an den Kehlkopfsnerven.

Reizung der N. laryngei superiores ist schmerzhaft und bewirkt Bewegung der Cricothyreoidei (und reflectorische der übrigen Kehlkopfmuskeln). Die Durchschneidung derselben soll wegen der Lähmung der Cricothyreoidei geringe Verlangsamung der Athemzüge bewirken (Sklarek). Dabei wird beim Hunde die Stimme tiefer und rauh wegen mangelhafter Stimmbänderspannung (Longet). Ferner ist der Kehlkopf gefühllos, so dass Mundflüssigkeit und Speisetheilchen (ohne reflectorischen Schluss des Kehlkopfes, resp. Husten zu bewirken) in die Luftröhre und Lungen gelangen, so dass sogenannte „Schluckpneumonie" mit tödtlichem Ausgange erfolgt (Friedländer).

Reizung der Recurrentes hat Stimmritzenkrampf zur Folge. Die Durchschneidung lähmt die von ihnen versorgten Kehlkopfsmuskeln, die Stimme wird klanglos und rauh [beim Schweine (Galen, Riolan 1618), Menschen, Hunde, der Katze; Kaninchen behalten ihre hellschreiende Stimme]. Die Stimmritze ist nur noch schmal; bei jeder Inspiration nähern sich die Bänder zumal in ihren vorderen Theilen bedeutend; bei der Ausathmung werden sie schlaff aus einander geblasen. Daher ist die Inspiration (zumal bei jungen Individuen, die nur eine enge Glottis respiratoria besitzen) mühsam und geräuschvoll, die Exspiration erfolgt völlig leicht. Nach ein paar Tagen beruhigt sich das Thier (Fleischfresser), es athmet müheloser und die passiv-schlotternden Stimmbandbewegungen treten zurück. Wenn aber in weiterem Verlaufe, selbst nach längerer Zeit das Thier lebhaft erregt wird, so tritt bei dem nun stärkeren Athmungsbedürfniss oft ein Anfall hochgradigster Athemnoth ein, der erst nachlässt, wenn

allmählich das Thier (Hund) sich mehr beruhigt. — Wegen der Kehlkopfslähmung können auch Fremdkörper in die Luftröhre gelangen, zumal die Lähmung des obersten Oesophagusabschnittes das Niederschlucken erschwert. So kann es selbst zum Auftreten von Bronchopneumonie kommen (Arnsperger).

N. depressor.

6. Der N. depressor, der beim Kaninchen vom Stamme des Laryngeus superior und oft mit einer zweiten Wurzel vom Stamme des Vagus selbst entspringt, senkt sich in den Plexus cardiacus ein. Er ist ein centripetalleitender Nerv, dessen Reizung (auch des centralen Stumpfes) die Energie des Vasomotoren-Centrums herabsetzt, so dass der Blutdruck sinkt (Ludwig und Cyon). Zugleich überträgt sich diese Reizung auf das Herzhemmungscentrum, so dass der Herzschlag abnimmt.

Vorkommen und Analogien.

Den Depressor hat auch die Katze (Bernhardt), der Igel (Aubert, Röver). Beim Pferde und Menschen treten dem Depressor analog entspringende Fasern in den Vagusstamm wieder zurück (Bernhardt, Kreidmann). Auch beim Kaninchen können depressorisch wirkende Fasern im Vagusstamme selbst verlaufen (Dreschfeld, Stelling).

Hemmende, sensible und motorisch anregende Herzfasern.

7. Die Vagusäste des Herzgeflechtes, sowie letzteres selbst sind bereits (pg. 105) beschrieben. Sie enthalten die Hemmungsfasern für die Herzbewegung (Ed. Weber, November 1845; davon unabhängig Budge, Mai 1846), ferner sensible Fasern für das Herz [beim Frosche (Budge) und theilweise bei Säugethieren (Goltz)]. Endlich erhält das Herz auch durch die Vagusfasern einen Theil der beschleunigenden Herznerven. Schwache Vagusreizung bewirkt nämlich mitunter Beschleunigung des Herzschlages (Schiff, Moleschott, Gianuzzi). Bei Atropinvergiftung, welche die Hemmungsfasern lähmt, hat Vagusreizung Beschleunigung des Herzschlages zur Folge (Schmiedeberg).

Lungenäste des Vagus:

8. Die Lungenäste des Vagus gruppiren sich in dem Plexus pulmonalis anterior und posterior. Ersterer gibt sensible und motorische Aestchen an die Trachea und verläuft dann an der vorderen Fläche der Bronchialverzweigungen in die Lunge. Der aus 3 bis 5 starken, neben der Bifurcation von den Vagusstämmen kommenden, Aesten sich formirende Plexus posterior vereinigt sich mit Zweigen aus dem untersten Halsganglion des Sympathicus und mit Fasern des Herzgeflechtes, und verläuft, nachdem sich Fasern beider Seiten kreuzweise ausgetauscht haben, mit den Zweigen des Bronchialbaumes in der Lunge. An den Lungenzweigen kommen Ganglienzellen vor. [Vom Lungengeflechte gehen Fädchen zum Herzbeutel und der oberen Hohlvene (Luschka, Zuckerkandl)].

Motorische.

Die Function der Lungenäste des Vagus ist eine vielfache: 1 Sie geben die motorischen Aeste für die glatten Muskeln des ganzen Bronchialbaumes ab (vgl. pg. 211). —

Vasomotorische,

2. Sie liefern zu geringeren Theilen vasomotorische Nerven den Lungengefässen (Schiff), die allerdings zum allergrössten

Theile (? ganz) aus der Verbindung mit dem Sympathicus stammen (bei Thieren aus dem obersten Brustganglion) (Brown-Séquard, A. Fick und Badoud, Lichtheim). — 3. Sie geben die sensiblen (Husten erregende) Fasern an den ganzen Bronchialbaum und die Lungen. — 4. Enthalten sie centripetal verlaufende, vom Lungenparenchym zur Medulla oblongata ziehende Fasern, welche anregend auf das Athmungscentrum wirken. Durchschneidung beider Vagi hat dem entsprechend eine bedeutende Herabsetzung der Zahl der Athemzüge zur Folge; letztere sind zugleich sehr vertieft [so dass die Thiere zunächst gleiche Luftvolumina wechseln und in diesen gleiche Mengen O und CO_2 (Valentin)]. Reizung der centralen Vagistümpfe beschleunigt die Athmung wieder (Traube, Rosenthal). — Dieses mühsame und erschwerte Athmen erklärt sich aus dem Wegfall dieser reflexanregenden Fasern, welche das normale leichte Spiel der Reflexathmung unterhalten; nach ihrer Durchschneidung wird die Anregung der Athembewegungen nur ganz vorzugsweise direct in der Medulla oblongata selbst erfolgen müssen. (Vgl. das Athmungscentrum.)

Sensible, Athmungs-anregende Fasern.

Die Broncho-pneumonie nach bilateraler Vagi-Section.

Die Lungenentzündung nach doppelseitiger Vagusdurchschneidung hat seit Legallois (1812) vielfach das Interesse der Forscher erregt. Für die Erklärung derselben ist Folgendes zu berücksichtigen: a) Zunächst hat die beiderseitige Vagusdurchschneidung den Verlust der Sensibilität des Kehlkopfes und der Lungen zur Folge. Es fällt daher der reflectorische Schluss des Kehlkopfes bei eindringenden Schädlichkeiten (Mundflüssigkeit, Speisetheilchen, reizende Gase) völlig weg, und auch der Husten zur Wegbeförderung des einmal Eingedrungenen unterbleibt. So dringen also ungehindert Schädlichkeiten auf die Lungen ein, und zwar um so leichter, als die gleichzeitige Lähmung des Oesophagus die Speisen in der Speiseröhre verweilen und so leicht in den Kehlkopf eintreten lässt. Dass hierin ein wesentliches anregendes Moment der Entzündung liege, konnte Traube dadurch zeigen, dass sich die Entzündung hintanhalten liess, wenn er die Thiere durch eine Luftröhrencanüle von einer äusseren Halswunde aus athmen liess. [Wurden umgekehrt allein nur die motorischen Recurrentes durchschnitten und die Speiseröhre unterbunden, so dass sich die Thiere verschlucken mussten, so trat analoge „Fremdkörperpneumonie" mit tödtlichem Ausgange ein.] — b) Ein zweites Moment liegt darin, dass bei der umfangreicheren und mühsam röchelnden und geräuschvollen Athmung (vgl. Lähmung der Recurrentes, oben), die Lungen sehr blutreich werden müssen, da während der langgezogenen bedeutenden Thoraxerweiterung der Lungenluftdruck abnorm niedrig ist. Hierdurch kommt es weiter zu serösen Transsudaten (Lungenödem), sogar zu Blutaustritt. [Auch aus diesem Momente ist der Eintritt von Fremdkörpern, namentlich Flüssigkeit in die Glottis erleichtert.] Eine von aussen eingelegte Trachealcanüle wird auch hier die Entzündung hinhalten. — c) Vielleicht hat eine theilweise Lähmung der Lungenvasomotoren mit Antheil an der Entzündung, da der hierdurch gesetzte grössere Blutreichthum für dieselbe ein günstig vorbereitetes Feld liefert. Endlich ist zu erwägen, ob nicht etwa noch trophische Fasern im Vagus dem normalen Bestehen des Lungengewebes dienen. Nach Michaelson hat die sofort nach Vagidurchschneidung auftretende Pneumonie vorwiegend im unteren und mittleren Lappen ihren Sitz; die langsamer sich nach Recurrensdurchschneidung entwickelnde katarrhalische Entzündung meist im oberen Lappen. — Kaninchen sterben unter den Erscheinungen der Lungenentzündung in der Regel innerhalb 24 Stunden; bei den angegebenen Kautelen in einigen Tagen. Hunde können längere Zeit am Leben bleiben. Bei Vögeln bleiben nach bilateraler Durchschneidung der Vagi die Lungen entzündungsfrei (Blainville, Billroth),

der Tod erfolgt in etwa 8 Tagen unter den Zeichen der Inanition (Einbrodt, Anrep), zugleich ist das Herz verfettet (Eichhorst, Wassiljew), aber auch Leber, Magen, Muskeln (Anrep). — Frösche, welche bei jedem Athemzuge die, in der Ruhe geschlossene, Glottis öffnen, sterben an Erstickung.

Plexus oesophageus. 9. Das Oesophagusgeflecht bilden Vaguszweige oben vom Laryngeus inferior, dann von dem Plexus pulmonalis, unten vom Stamme selbst. Sie geben dem Oesophagus die Bewegung (pg. 286), das nur im oberen Theile vorhandene, undeutliche Gefühl (auch das der Muskelcontraction) und Reflex-anregende Fasern.

Plexus gastricus. 10. Das Magengeflecht besteht aus dem vorderen (linken) Vagusende, der noch zum Oesophagus Fasern sendet und der kleinen Curvatur entlang zieht und theils durch die Porta Zweige zur Leber schickt; — auch der hintere (rechte) Vagus nimmt nach Abgabe einiger Oesophagusfasern Theil am Magengeflechte, welchem sich am Pylorus sympathische Fasern zugesellen. Durchschneidung der Vagusstämme stört die Verdauung nicht (Bidder, Schmidt), auch dann nicht, wenn sie an der Cardia durchschnitten werden (Kritzler, Schiff).

Unterleibs-zweige: 11. Etwa $^2/_3$ des rechten Vagus geht jedoch am Magen in den Plexus coeliacus über und von hier die Arterien begleitend zu Leber, Milz, Pancreas, Dünndarm, Nieren, Nebennieren. — Der Vagus gibt dem Magen motorische Fasern, *Magenfasern.* die von seiner Wurzel (nicht vom Accessorius) stammen (Stilling, Bischoff, Chauveau) [vgl. pg. 287]. Die Magenfasern enthalten aber auch centripetale Fasern, welche die Speichelsecretion anregen (vgl. pg. 269). Ob sie auch Erbrechen anregen können, ist noch zweifelhaft. — Ueber den Einfluss des Vagus auf die Darmbewegungen *Darmfasern.* ist im Zusammenhang mit den übrigen Darmnerven im §. 165 berichtet. Nach einigen Forschern soll die Vagusreizung sowohl am dünnen, als auch am dicken Gedärm Bewegungen wachrufen (Stilling, Kupffer, Ludwig, Remak). — Reizung des peripheren Vagusstumpfes erzeugt in der Milz Contraction der glatten Muskeln in der *Milzfasern.* Kapsel und in den Balken [beim Hunde und Kaninchen (Oehl)]. — Für die Nieren bewirkt Reizung des Vagus an der Cardia *Nierenfasern.* Vermehrung der Harnsecretion unter Erweiterung der Nierengefässe und Röthung des Nierenvenenblutes (Cl. Bernard). — Bei Hunden und Kaninchen sollen auch einige vaso- *Vasomotoren.* motorische Fasern der Unterleibsorgane vom Vagus geliefert werden (Rossbach und Quellhorst), während die überwiegende Mehrzahl vom Splanchnicus kommt. — Nach Oehl sollen endlich im Vagus (des Hundes) sowohl centrifugal direct zur Blase laufende Bewegungsfasern vorhanden sein, *Blasenfasern.* als auch centripetale, welche erregt, reflectorisch Blasencontractionen anregen können. (Diese Angabe steht bishin noch vereinzelt da.)

Auf andere Nerven-Apparate wirkende Vagusfasern.

12. Es liegen im Stamme und in den Aesten des Vagus endlich noch (zum Theil bereits namhaft gemachte) Fasern, welche centripetal auf gewisse nervöse Apparate einwirken:

a) Auf das **vasomotorische Centrum** wirken α) pressorische Fasern (vornehmlich in den beiden Nn. laryngei), welche gereizt, die Arterienbahnen reflectorisch verengern und so den Blutdruck steigern; — β) depressorische Fasern (im Depressor, oder im Vagus selbst), welche die entgegengesetzte Wirkung haben. (Hierüber wird bei dem Gefässnervencentrum gehandelt.)

b) Auf das **Athmungscentrum** wirken α) anregende Fasern (Lungenäste), deren Erregung die Athmung beschleunigt, — und β) unterdrückende (in beiden Laryngei), welche gereizt, die Athmung hemmen. (Hierüber wird bei dem Athmungscentrum gehandelt.)

c) Auf das **Herzhemmungssystem** wirken Fasern im Vagusstamme, welche gereizt centripetal das Centrum erregen und das Herz in diastolische Ruhe versetzen. Reizung des centralen Vagusstumpfes bewirkt also Herzstillstand.

d) Auf das **Vomircentrum** (pg. 288) kann durch Reizung des centralen Vagusstumpfes und (wie vorher berichtet) mancher centripetaler Vagusfasern erregend eingewirkt werden.

e) Auf die **Pancreassecretion** wirkt Reizung des centralen Vagusstumpfes, indem hierdurch die Absonderung zum Stillstande kommt (vgl. pg. 310), also wohl durch Vermittelung gewisser Pancreasnerven.

f) Nach Cl. Bernard sollen in den Lungenzweigen Fasern verlaufen, welche erregt reflectorisch die **Zuckerbildung in der Leber** erhöhen, vielleicht durch Vermittelung der Leberäste des Vagus.

Verschieden hohe Erregbarkeit der Vagusfasern.

Die verschiedenen Zweige und Bahnen des Vagus besitzen einen ungleichen Grad der Erregbarkeit. Erregt man centrifugal von schwacher Reizung beginnend, so bewegen sich zuerst die Kehlkopfsmuskeln, dann erst wird der Herzschlag verlangsamt (Rutherford). Wird der centrale Stumpf erregt, so ermüden schon bei schwächerer Reizung die athmungsanregenden Fasern, später erst die athmungsunterdrückenden (Burkart).

Pathologisches. Reizungen oder Lähmungen im Gebiete des Vagus werden in sehr wechselvollem Bilde erscheinen müssen, je nachdem das Leiden den ganzen Stamm oder nur einzelne Zweige befallen hat, ferner je nachdem die Affection einseitig oder doppelseitig auftritt. — Lähmung des Schlundes und der Speiseröhre, welche meist centralen oder doch intracraniellen Ursprunges sind, erschweren oder vernichten die Schlingbewegung, wobei Stauung im Oesophagus, Verschlucken, Athemnoth und auch Uebertritt des Genossenen in die Nasenhöhle beobachtet wird. Beim Trinken vernimmt man mitunter ein geräuschvolles Kollern in dem erschlafften Canale (Deglutitio sonora). — Bei unvollkommener Lähmung ist nur das Schlingen verzögert und erschwert, am leichtesten werden noch grössere Bissen verschluckt. — Vermehrte Contraction, selbst krampfhaftes Zuschnüren wird unter den Erscheinungen allgemeiner Nervenerregbarkeit beobachtet (vgl. pg. 286).

Lähmung des Pharynx und Oesophagus.

Reizung des Schlundgeflechtes. Krampf des Larynx.

Krämpfe der Kehlkopfsmuskeln bewirken ganz vorwiegend den krampfhaften Glottisverschluss, den Spasmus glottidis. Letzterer ist vornehmlich dem kindlichen Alter eigen und tritt anfallsweise unter Dyspnoe, beengter pfeifender Inspiration auf, wozu sich Zuckungen in den Muskeln (der Augen, des Kiefers, der Finger, Zehen u. s. w.) hinzugesellen können. Es handelt sich wahrscheinlich um einen reflectorisch erregten Krampf, der von den sensiblen Nerven verschiedener Gebiete (Zähne, Darm, Haut) in der Medulla oblongata ausgelöst werden kann (Eulenburg). — Reizungen der sensiblen Kehlkopfsnerven bringen erfahrungsgemäss Husten hervor. Ist die Erregung sehr intensiv, z. B. beim Keuchhusten, so können die im Laryngeus superior liegenden auf das Athmungscentrum hemmend einwirkenden Nerven mitgereizt werden: es erfolgt Verminderung der Athemzüge, schliesslich Athmungsstillstand bei erschlafftem Zwergfell; und bei intensivsten Reizen erfolgt krampfhafter Exspirationsstillstand unter Glottisverschluss, selbst bis zur Dauer von 15 Secunden. Wir haben es hier mit einer eigentlichen „Hemmungsneurose des Athmungsapparates“ zu thun (Eulenburg und Landois). — Lähmungen der Kehlkopfnerven, welche Störungen der Stimme bewirken,

Hemmung der Athmung durch Reizung des N. laryngeus superior.

Lähmung der Kehlkopfsmotoren.

sind bereits (pg. 611) namhaft gemacht worden. Bei doppelseitiger Recurrenslähmung [etwa durch Zerrung in Folge von Erweiterung der Aorta und des Truncus cleidocaroticus hervorgerufen], findet bei den vergeblichen Phonationsbestrebungen beträchtliche Luftverschwendung statt; die Expectoration ist erschwert, kräftiger Husten unmöglich (Ziemssen). Hierzu können sich aber auch bei Anstrengungen gerade dieselben hochgradigen dyspnoetischen Anfälle hinzugesellen, wie man sie am Versuchsthier erzeugen kann. — Gewisse $^1/_4$ bis mehrere Stunden dauernde Anfälle hochgradiger Athemnoth hat man auf Reizung des Plexus pulmonalis bezogen (Salter) (pg. 211), der einen Krampf der Bronchialmuskeln (Asthma bronchiale) erzeugen sollte. Die physikalische Untersuchung der Lungen gibt ausser einigen Rhonchi (pg. 231) keinerlei Anhalt über die Ursachen des schweren Anfalles. Handelt es sich wirklich um einen Krampf (? der Gefässe), so wird dieser wohl meist ein reflectorisch angeregter sein, bei welchem die centripetalleitenden Nerven der Lunge, aber auch der Haut (Erkältungen), oder der Genitalien (Hysterie) im Spiele sind. Ich kann mich jedoch der Anschauung nicht erwehren, dass es sich in diesem nervösen Asthma vielleicht um eine vorübergehende Parese der auf das Athmungscentrum anregend einwirkenden Lungennerven handle; es wäre dann der Anfall das Abbild der mühsamen Athmung nach bilateraler Vagussection.

Asthma nervosum.

Reizungen im Gebiete der Herzäste des Vagus können einmal durch directe Erregung Anfälle von verminderten, selbst zeitweise suspendirten Herzcontractionen bewirken, verbunden mit dem Gefühl grösster Hinfälligkeit und des Erlöschens der Lebensfunctionen, mitunter auch mit Schmerzen in der Herzgegend. Aber auch reflectorisch durch Reizungen der Unterleibsorgane (nach dem Vorbilde des Goltz'schen Klopfversuches) können Anfälle dieser Art hervorgerufen werden. Ich habe diese Erscheinungen zuerst (1865) nach dem Vorbilde des physiologischen Versuches analysirt und dieselbe mit dem Namen Angina pectoris pneumogastrica, beziehungsweise reflectoria bezeichnet. — Selten zeigt sich bei intermittirenden Lähmungen der Herzäste des Vagus bedeutende Beschleunigung der Herzaction bis über 160 (Riegel), ja über 200 (Tuczek), wobei mitunter die Schläge nach Rhythmus und Stärke in grosser Unregelmässigkeit erfolgen. Es bedarf hier jedoch in jedem Falle einer genauen Analyse, inwieweit Erregungen der automatischen Herzcentra, oder der accelerirenden Herzfasern mit im Spiele sind. — Ueber krankhafte Affectionen der intraabdominalen Vagusfasern ist wenig Zuverlässiges ermittelt. Es ist zu erwähnen, dass die sensiblen Nerven des Magens nicht vom Vagus abstammen.

Reizungen der Herzäste.

Lähmungen der Herzäste.

Sind die Vagusstämme oder ihr Centrum gelähmt, so zeigt sich am hervorstechendsten die mühsame, tiefe, verlangsamte Athmung, gerade wie nach Durchschneidung beider Vagi (Guttmann).

355. XI. Nervus accessorius Willisii.

Anatomisches.

Der Nerv entspringt theils aus dem Accessoriuskern der Medulla oblongata, der mit dem Vaguskern in Verbindung steht, theils kommt er zwischen den vorderen und den hinteren Nervenwurzeln aus dem Rückenmarke abwärts bis zum 7. Halswirbel hervor. Im Innern des Rückenmarkes lassen sich seine Fasern verfolgen bis in einen gestreckten, an der äusseren Seite des Vorderhornes bis zum 5. Halswirbel abwärts reichenden Kern. Nach Einigen soll sogar der Ursprung bis zum unteren Brustmark reichen. Er theilt sich alsbald in zwei Aeste, von denen der vordere (innere), welcher vornehmlich in der Medulla oblongata wurzelt, sich ganz und gar in den Plexus gangliiformis vagi einsenkt. Dieser Ast gibt dem Vagus die meisten motorischen Fasern (worüber pg. 684 beim Vagus nachzusehen), ferner die Herzhemmungsnerven. — Reisst man bei Thieren die Accessorii aus, so verfetten diese Herzfasern. Wird nach 4—5 Tagen nach der Operation nun der Vagusstamm am Halse gereizt, so zeigt sich keine herzhemmende Wirkung mehr (Waller, Schiff, Daszkiewicz, Heidenhain); nach Heidenhain soll sogar unmittelbar nach dem Ausreissen der Wurzeln der Herzschlag sich beschleunigen.

Innerer Ast.

Aeusserer Ast.

Der äussere Ast stammt von den Rückenmarkswurzeln ab. Dieser verbindet sich auch mit sensiblen Fäden der hinteren Wurzeln des ersten, seltener auch des zweiten Cervicalnerven, welche dem Aste Muskelgefühlsfasern zuführen; dann schlägt er sich rückwärts über den Querfortsatz des Atlas und endet als motorischer Nerv im Sternocleidomastoideus und Cucullaris. [Der letztere grosse Muskel erhält aber in der Regel noch motorische Aeste vom Cervicalgeflecht.]

Verbindungen des äusseren Astes.

Der äussere Ast verbindet sich noch mit mehreren Halsnerven. Entweder betheiligen sich diese Fasern an der Innervation der benannten Muskeln, oder der Accessorius gibt denselben theilweise die von den hinteren Wurzeln der beiden obersten Halsnerven erhaltenen sensiblen Fäden wieder zurück, die dann den Hautästen dieser Cervicalnerven zukommen.

Pathologisches: Klonischer Krampf.

Pathologisches. Reizungen des äusseren Astes äussern sich als klonische oder tonische Krämpfe der benannten Muskeln, die meist einseitig sind. Ist der Zweig für den Sternocleidomastoideus allein afficirt, so folgt bei klonischem Krampfe der Kopf dem Zuge dieses Muskels. Ist das Leiden doppelseitig, so erfolgt meist alternirend der Zug; viel seltener ist die Wirkung gleichzeitig, so dass der Kopf die Nickbewegung vollführt. — Bei dem Zuckungskrampfe des Cucullaris wird der Kopf nach hinten und seitwärts gezogen; die Scapula folgt meist dem Zuge der am heftigsten ergriffenen Bündel dieses grossen Muskels. Nicht selten sind gleichzeitig Krämpfe im Gesichte und der Augenmuskeln zugleich vorhanden.

Tonischer Krampf.

Tonische Contractionen des Kopfnickers bedingen die charakteristische Stellung des Caput obstipum (spasticum); analoge Krämpfe im Cucullaris befallen meist nur einzelne Theile des Muskels, die dann natürlich je eine besondere Stellung des Kopfes oder der Scapula bedingen.

Lähmung.

Bei Lähmung eines Kopfnickers wird der Kopf durch das Uebergewicht des Muskels der anderen Seite nach dieser letzteren hingezogen (Torticollis paralyticus). — Die Lähmung des Cucullaris ist meist nur auf einzelne Theile beschränkt.

Lähmungen des gesammten Accessoriusstammes (zumeist wohl durch Processe an dem centralen Ursprunge bedingt), haben ausser den Lähmungen des Sternocleidomastoideus und Cucullaris noch die der angeführten motorischen Vaguszweige zur Folge (Erb, Fränkel, Holz). Bei der einmal beobachteten doppelseitigen Lähmung soll sogar die Beschleunigung der Herzschläge nicht gefehlt haben (Seeligmüller).

356. XII. Nervus hypoglossus.

Anatomisches.

Er entspringt aus zwei grosszelligen Kernen in der Tiefe des untersten Theiles der Rautengrube; ausserdem kommen vom Gehirne noch Fasern hinzu, vielleicht auch von der Olive her. Mit 10—15 Fäden taucht er in gleicher Fluchtlinie mit den vorderen Wurzeln der Spinalnerven hervor.

Function.

Er ist der motorische Nerv aller Zungenmuskeln einschliesslich des Geniohyoideus und Thyreohyoideus.

Verbindungen.

Der Stamm des Hypoglossus verbindet sich: 1. Mit dem Ggl. cervicale supremum sympathici, wodurch ihm Vasomotoren für die Zungengefässe zukommen. Nach Durchschneidung des Hypoglossus, verbunden mit der des Lingualis, röthet sich die Zungenhälfte (Schiff). — 2. Auch der Plexus gangliiformis vagi führt Fasern zu, ebenso dessen kleiner Ramus lingualis (Luschka) zum Anfang des Hypoglossusbogens. Diese geben dem Hypoglossus Muskelgefühlsfasern (denn

nach Durchschneidung des Lingualis besitzt die Zunge noch ein dumpfes Gefühl). Dass Fasern dieser Art zum Theil auch von den Cervicalnerven, oder aus der unterhalb der Zunge liegenden constanten Anastomose mit dem Lingualis herkommen, ist zweifelhaft. — 3. Constante schlingenförmige Anastomosen (Ansa hypoglossi) verbinden ihn mit den oberen Cervicalnerven. Diese Verbindungen verlaufen weiter durch den Ramus descendens zum Sternohyoideus, Omohyoideus und Sternothyreoideus. Vom Antheile der Cervicalnerven verläuft wohl zur Zunge in der Regel nichts; aber auch die Reizung der Wurzel des Hypoglossus wirkt auf die genannten Muskeln nur selten und in sehr geringem Grade (Volkmann).

Doppelseitige Durchschneidung des Nerven lähmt total die Zunge. Hunde können nicht mehr saufen, sie zerbeissen sich die schlaff niederhängende Zunge. Frösche, die mit der Zunge ihre Beute fangen, müssen verhungern; hängt die Zunge aus dem Maule hervor, so hindert sie den Mundverschluss, und hierdurch ersticken die Thiere, die nur beim Mundverschluss Luft in die Lungen pumpen können.

Pathologisches. Zungenlähmungen.

Pathologisches. Lähmungen des Hypoglossus (Glossoplegie), die meist centralen Ursprunges sind, haben Störungen der Sprache zur Folge (pg. 612). — Die Abweichungen der Zunge bei halbseitiger Lähmung siehe pg. 283. — Zungenlähmung hindert ferner das normale Kauen, die Bissenbildung, das Schlucken im Munde. Wegen der mangelnden Reibebewegung der Zunge ist der Geschmack stumpf. — Das Singen hoher Töne und der Falsettöne, bei deren Angabe bestimmte Zungenstellungen nothwendig zu sein scheinen, ist beeinträchtigt (Bennati).

Zungenkrämpfe.

Krämpfe der Zunge, welche die Aphthongie (pg. 612) bewirken, sind wohl meist reflectorischen Ursprunges, und jedenfalls äusserst selten.

357. Die Rückenmarksnerven.

Anatomisches.

Die 31 Spinalnerven entspringen mit einer (aus wenigeren, stärkeren, runden Bündeln bestehenden) hinteren Wurzel aus dem Sulcus zwischen dem Hinter- und Seitenstrang des Rückenmarkes, und mit einer vorderen (aus zahlreicheren, feineren, platten Zügen sich bildenden) aus der Furche zwischen Seiten- und Vorderstrang. Die hinteren Wurzeln sind (mit Ausnahme des ersten Halsnerven) stärker. Mitunter sind die Wurzeln beiderseits etwas unsymmetrisch. Die hintere Wurzel bildet das spindelförmige Ggl. spinale. Hierauf legen sich beide Wurzeln innig an einander und bilden nun, noch innerhalb des Wirbelcanales, einen gemischten Stamm. Die aus dem Stamme heraustretenden Nervenäste sind stets aus den Fäden beider Wurzeln gemischt.

Bell'sches Gesetz.

Charles Bell entdeckte (1811) das nach ihm genannte Gesetz, dass die vorderen Spinalnerven-Wurzeln motorisch, die hinteren sensibel sind.

Rückläufige Sensibilität.

Magendie fand (1822) die merkwürdige Thatsache, dass innerhalb der vorderen Wurzel ebenfalls sensible Fasern enthalten seien, so dass also Reizung derselben Schmerzen bewirkt. Allein dies rührt daher, dass von der sensiblen Wurzel, nach der Vereinigung beider, Fasern in die vordere centralwärts hin verlaufen (Schiff, Cl. Bernard). Es hört daher sofort die Sensibilität der vorderen Wurzel auf, sobald die hintere durchschnitten

ist. Man nennt diese Erscheinung die „rückläufige Sensibilität" der vorderen Wurzeln (Sensibilité récurrente). Mit dem hierdurch entstandenen Verlust der Sensibilität der vorderen Wurzel erlischt auch die der Oberfläche des Rückenmarkes im Umkreise der Wurzel. Schiff fand in Fällen, in denen alle motorischen Fasern entartet waren, unveränderte Fasern in der vorderen Wurzel, die auf die Rückenmarkshäute übertraten. In seltenen Fällen erhält die vordere Wurzel noch von anderen Quellen, als aus ihrer entstprechenden hinteren, ihre Sensibilität (Cl. Bernard). Der Uebertritt der sensiblen Fasern in die motorische Wurzel erfolgt entweder sofort am Vereinigungswinkel beider Wurzeln, oder auch in der Nähe der peripheren Endausbreitung. [So treten auch in mehrere motorische Kopfnervenäste von der Peripherie her centralwärts laufende sensible Fasern ein.] Auch in die Stämme sensibler Nerven können sogar sensible Zweige anderer sensibler Nerven eintreten. Hierdurch erklärt sich die merkwürdige Beobachtung, dass nach Durchschneidung eines Nervenstammes (z. B. des Medianus) seine periphereren Enden noch empfindlich sind (Arloing und Tripier). Ich möchte am einfachsten das geschilderte Verhältniss so aussprechen: auch das Gewebe der motorischen und sensiblen Nerven enthält (wie die meisten Gewebe des Körpers) sensible Nerven.

Lage der sensiblen und motorischen Fasern in den Stämmen.

Da bei Embryonen (Kaninchen) sich die motorischen Fasern dunkler durch Carmin tingiren, als die sensiblen, so lassen sich hier die Lagenverhältnisse der functionell verschiedenen Röhren in den peripheren Nerven bestimmen. In den vorderen Aesten (der getheilten Spinalnerven) liegen die sensiblen Fasern aussen im Aste, die motorischen innen; in den hinteren Aesten ist das Verhältniss umgekehrt (L. Löwe).

Specielle Ableitungen aus dem Bell'schen Gesetze.

Durch sorgfältig beobachtete Durchschneidungsversuche der Wurzeln (Magendie 1822), sowie nach Entdeckung der reflectorischen Beziehungen der sensiblen Wurzeln auf die Erregung der vorderen (Reflexbewegungen) durch Joh. Müller (1832) und Marshall Hall lassen sich nunmehr aus dem allgemeinen Bell'schen Gesetze mit Leichtigkeit die folgenden Ableitungen gewinnen: 1. Im Momente der Durchschneidung der vorderen Wurzel entsteht eine Zuckung [mechanischer Reiz der motorischen Fasern (pg. 622)] in den von dieser Wurzel versorgten Muskeln. — 2. Es entsteht aber auch Schmerzempfindung („rückläufige Sensibilität"). — 3. Nach der Durchschneidung sind die zugehörigen Muskeln gelähmt. — 4. Reizung des peripheren Stumpfes der vorderen Wurzel bewirkt (in der ersten Zeit nach der Operation) Contraction der Muskeln [eventuell auch Schmerzempfindung wegen der rückläufigen Sensibilität]. — 5. Reizung des centralen Stumpfes ist ganz erfolglos. — 6. Das periphere Ende der motorischen Nerven entartet in kurzer Zeit (pg. 626, 4). — 7. Das centrale Ende entartet nach längerer Zeit (pg. 626, 3). — 8. In den gelähmten Körpertheilen ist das Gefühl völlig erhalten. — 9. Im Momente der Durchschneidung einer hinteren Wurzel entsteht lebhafter Schmerz. — 10. Zugleich entsteht eine reflectorisch ausgelöste Bewegung. — 11. Nach der Durchschneidung sind alle von der durchschnittenen Wurzel versorgten Gegenden gefühllos. —

12. Reizung des peripheren Stumpfes der durchschnittenen Wurzel ist ohne allen Erfolg. — 13. Reizung des centralen Stumpfes bewirkt Schmerz und reflectorische Bewegungen. — 14. Das periphere Ende der sensiblen Faser entartet in kurzer Zeit. — 15. Das centrale in späterer Zeit. — 16. In den gefühllosen Theilen (z. B. den Extremitäten) ist die Bewegung völlig erhalten.

Unharmonische Bewegungen gefühlloser Glieder.

Nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln (z. B. der Hinterextremitäten-Nerven) haben zwar die Muskeln ihre Bewegung behalten, allein nichtsdestoweniger erkennt man charakteristische Störungen der letzteren. Diese bestehen darin, dass das Thier die Bewegungen in einer scheinbar ungeschickten Weise (schleuderndes Hüpfen; gespreizte Gangart etc.) ausführt, der die Harmonie und gleichmässige Eleganz abgeht. Hunden, denen ich die hinteren Wurzeln beiderseits für die Hinterbeine durchschnitten hatte, zeigten (nach völliger anderweitiger Herstellung) auch Schwierigkeiten in der Balancirung des Hinterkörpers, der beim Laufen oder Schwanzwedeln oft umsank. Die Erscheinungen rühren daher, dass wegen der Gefühllosigkeit der Muskeln und der Haut das Thier die Widerstände nicht fühlt, die sich seinen Bewegungen entgegenstellen. Es wird daher das Mass der aufzubietenden Muskelkraft nicht geschätzt werden können. Alle reflectorisch ausgelösten Hülfen bleiben daher natürlich aus. — Thiere mit erloschener Sensibilität einzelner Extremitäten verharren mit denselben oft in ganz abnormen Lagen, aus denen das fühlende Thier dieselben sofort herausbringen würde.

Erregbarkeitssteigerung der vorderen Wurzeln durch die hinteren.

Ludwig und Cyon haben die (jedoch von Grünhagen und G. Heidenhain bestrittene) Beobachtung gemacht, dass die vorderen Wurzeln einen höheren Grad der Erregbarkeit besitzen, so lange auch die hinteren intact und erregbar sind, — dass dieselben aber alsbald die Zeichen geringerer Erregbarkeit darbieten, sobald die hinteren Wurzeln durchschnitten sind. Zur Erklärung dieser Ercheinung muss man wohl annehmen, dass im intacten Körper durch die hinteren Wurzeln fort und fort eine Reihe geringer Reize zufliesst (durch Berührung, Lage, Temperatureinwirkung auf die Körpertheile u. dgl.), welche durch das Rückenmark reflectorisch auf die motorischen Wurzeln übertragen werden, so dass es hierdurch nunmehr nur eines geringeren Reizes bedarf, um die vorderen Wurzeln zu erregen, als wenn dieser reflectorische Impuls der hinteren Wurzeln zur Steigerung der Erregbarkeit weggenommen ist. Denn offenbar braucht der Reiz zur Erregung einer bereits schwach erregten Nervenfaser nur niedriger zu sein, als bei einer nicht erregten, da sich im ersteren Falle der auslösende Reiz zu der beständig wirksamen Erregung hinzuaddirt.

Verbreitung der vorderen Wurzeln.

Die motorischen Wurzeln der Spinalnerven versorgen mit centrifugalleitenden Fasern:

1. Alle willkürlich bewegten Muskeln des Rumpfes und der Extremitäten.

Hierzu ist zu bemerken, dass die Wurzeln der einen Rückenmarkshälfte natürlich nur die Muskeln der dazugehörigen Körperhälfte versorgen. — Jeder Muskel erhält ferner, wie es scheint, stets aus mehreren vorderen Wurzeln (nicht aus einer einzigen) seine motorischen Fäden. — Die Fasern für functionell zusammengehörige Muskelgruppen (z. B. für Beuger, Strecker) entspringen aus besonderen abgegrenzten Bezirken des Rückenmarkes.

2. Die vorderen Wurzeln liefern ferner Bewegungsfasern für eine Anzahl mit glatten Muskelfasern versehener Organe, z. B. für die Harnblase (pg. 516), die Samenleiter, den Uterus.

3. Bewegungsfasern für die glatten Muskeln der Gefässe: die Vasomotoren oder vasohypertonisirende Nerven (sie verlaufen zum Theil durch den Sympathicus).

4. Hemmungsfasern für Contraction der Gefässmuskeln

(nur zum Theil bekannt): Vasodilatatoren, oder vaso hypo tonisirende Nerven.

(Ueber 3 und 4 siehe: Centra der Medulla oblongata.)

5. Secretionsfasern für die Schweissabsonderung der Haut (pg. 531) [theilweiser Verlauf durch den Sympathicus].

6. Die trophischen Fasern der Gewebe.

Verbreitung der hinteren Wurzeln.

Die sensiblen Wurzeln enthalten die Gefühlsnerven der ganzen Haut und der inneren Gewebe. Ausgenommen ist der Vorderkopf und das Gesicht nebst den inneren Theilen des Kopfes (siehe Kopfnerven). Ferner enthalten sie die Tastnerven der besagten Hautflächen. — Durch die hinteren Wurzeln werden auch die reflexauslösenden Reize dem Rückenmarke zugeführt. Die Gefühlsfasern eines gemischten Nervenstammes gehen zu dem Hautgebiete, welches durch diejenigen Muskeln bewegt wird (oder diejenigen Muskeln bedeckt [Peyer], an welche derselbe Ast die Bewegungsfasern abgibt (Schröder van der Kolk). Im Uebrigen gibt die Anatomie Aufschluss über die specielle Vertheilung der motorischen und sensiblen Nerven im Körper.

358. Der N. sympathicus.

Anatomisches. Der Grenzstrang. Rami communicantes.

Das sympathische Nervensystem, welchem vornehmlich schmale und Remak'sche Fasern zugetheilt sind, besteht zunächst aus dem Grenzstrang jederseits, einer an der Seite der Wirbelkörper senkrecht verlaufenden Ganglienkette. Jeder Spinalnerv sendet aus seinem Stamme einen Ramus communicans in den Grenzstrang; letzterer trägt allemal dort, wo der Verbindungsfaden in den Strang eintritt, ein Ganglion. Die 4 obersten Rami communicantes aber verlaufen von den 4 ersten Halsnerven alle in das Ggl. cervicale supremum (Fig. 139, Gg. s.), — der 5. und 6. in das Ggl. cervicale medium, — der 7. u. 8. in das unterste sympathische Halsganglion. Vom 1. Brustnerven an entspricht jedem Verbindungsfaden ein besonderes sympathisches Ganglion. Das unterste Ganglienpaar wird in der Regel vor dem ersten Steisswirbel mittelst einer Nervenschleife verbunden, welcher das unpaare Ggl. coccygeum eingeschaltet sein kann.

Verbindung mit dem Rückenmarke.

Die Rami communicantes (welche somit die sympathischen Grenzstrang-Ganglien mit den Spinalnerven verbinden) gehen aus dem Rückenmarke hervor, welches sie theils durch vordere, theils durch hintere Spinalnervenwurzeln verlassen. Letzteres ist entscheidend für ihre Function, welche durchweg ähnlich ist den Functionen der vorderen oder hinteren Wurzeln selbst (siehe pag. 693).

Kopftheil.

Gegen den Kopf hin aufsteigend verbindet sich der Sympathicus mit zahlreichen Kopfnerven, mit denen er in vielfachem Wechselaustausch der Fasern steht, (über deren Bedeutung eingehend bei der Physiologie der Kopfnerven berichtet ist).

Brust- und Bauchtheil.

Von dem Grenzstrange verlaufen nun zahlreiche Fasern, welche vornehmlich der Brust- und Bauchhöhle zustreben und hier grössere ganglienreiche Geflechte bilden, aus welchen schliesslich wieder Fäden mit verschiedener Function ausgerüstet für verschiedenartige Organe hervorgehen.

Functionen.

Ueber die Functionen des Sympathicus soll hier nur in übersichtlicher Zusammenstellung berichtet werden.

Selbstständige Functionen.

I. Selbstständige Functionen des Sympathicus nennen wir solche gewisser Geflechte, welche noch fortbestehen,

nachdem sämmtliche Nervenverbindungen mit der cerebrospinalen Axe abgetrennt sind. Hierher gehören:

1. Die automatischen Ganglien des Herzens (pg. 107).
2. Der Plexus myentericus des Darmes (pg. 291).
3. Die Plexus des Uterus, der Tuben, Samenleiter, ferner der Blut- und Lymphgefässe.

Auf die Thätigkeit dieser Geflechte kann durch hinzutretende, von der Cerebrospinalaxe her geleitete, Nerven theils anregend, theils hemmend eingewirkt werden.

Abhängige Functionen.

II. Abhängige Functionen. Im Sympathicus verlaufen weiterhin auch solche Fasern, welche (wie die peripheren Nerven) nur in Verbindung mit dem centralen Nervensystem functioniren, z. B. die Gefühlsfasern im N. splanchnicus. — Andere wiederum übertragen vom centralen Nervensysteme empfangene Anregungen auf Ganglien, welche letztere weiterhin ihrerseits die zugeleiteten Erregungen in Form von Hemmungen oder Bewegungen den betreffenden Organen zuführen.

Es sollen hier die Functionen des Sympathicus in Kürze (nach der anatomischen Anordnung des Nerven) aufgeführt werden.

A. Halstheil des Sympathicus.

Erweiterer der Pupille.

1. Pupillenerweiternde Fasern (vgl. Ggl. ciliare, pg. 668, und Nerven der Iris). Nach Budge entspringen diese aus dem Rückenmarke und laufen durch die zwei obersten Dorsal- und zwei untersten Cervicalnerven in den Grenzstrang und steigen zum Kopfe empor. Durchschneidung des Grenzstranges oder seiner Rami communicantes verengt also das Sehloch. [Ueber den Ursprung dieser Fasern aus dem Centralorgan wird bei letzterem gehandelt.]

Beweger der Orbitalmuskeln.

2. Bewegungsfasern für die H. Müller'schen glatten Muskeln der Augenhöhle und den M. rectus oculi externus zum Theil (vgl. pg. 670).

Vasomotoren.

3. Vasomotorische Aeste für das äussere Ohr und die Gesichtsseite (Cl. Bernard), für die Paukenhöhle (Prussak), für die Conjunctiva, für Iris, Chorioidea, Retina (nur zum Theil, siehe Ggl. ciliare, pg. 668, 2), für die Gefässe des Schlundes, Kehlkopfes, der Schilddrüse, — Fasern für die Gefässe des Gehirnes und der Gehirnhäute (Donders und Callenfels), die zum Theil nach Nothnagel auch aus Hirnnerven stammen, welche mit dem Plexus caroticus Verbindungen eingehen.

Speichelfasern.

4. Secretorische (trophische) und vasomotorische Fasern der Speicheldrüsen (pg. 267).

Fasern der Thränendrüse.

5. Nach Wolferz und Demtschenko sollen auch die Thränendrüsen sympathische Secretionsfasern erhalten (?).

B. Brust- und Bauchtheil des Sympathicus.

Brust- und Bauchgeflechte.

1. Hierher gehört zunächst der sympathische Antheil des Plexus cardiacus (pg. 105), welcher vom unteren Hals- und obersten Brustganglion accelerirende Fasern dem Herzen zuschickt (Cl.

Bernard, v. Bezold, Gebr. Cyon, Schmiedeberg). Sie kommen theils vom Grenzstrang, theils vom Geflechte der Art. vertebralis (v. Bezold, Bever). [Vgl. Medulla oblongata].

2. Im Halsgrenzstrang und Splanchnicus sollen Fasern liegen, deren Reizung centripetal das Herzhemmungssystem in der Medulla oblongata erregt (Bernstein).

3. Im Halsgrenzstrange ferner centripetale Erreger des Gefässnervencentrums in der Medulla oblongata (Aubert).

4. Die Function des Splanchnicus siehe pg. 292, pg. 315, pg. 509, 510.

5. Ueber die Bedeutung der Plexus coeliacus und mesenterici ist pg. 329 und 355 berichtet. Nach Exstirpation des Ggl. coeliacum sah Lamansky vorübergehende Störung der Verdauung, in Folge derer Unverdautes per anum entleert wurde.

6. Endlich liegen noch im Bauchtheile des Sympathicus des Unterleibes bewegende und vasomotorische Fasern für die Milz (pg. 204), den Dickdarm (zu welchem sie mit den Arterienstämmen verlaufen), für die Blase (pg. 517), die Ureteren, den Uterus (zu dem sie im Plexus hypogastricus verlaufen), den Samenleitern und Samenblasen. — Reizung aller dieser Nervenbahnen erzeugt vermehrte Bewegung der besagten Organe; Durchschneidung erzeugt Gefässerweiterung mit nachfolgenden Störungen des Blutlaufes, eventuell der Ernährung. — Ueber etwaige Beziehungen der Nebennieren zum Sympathicus ist pg. 205 zu vergleichen. — Das Geflecht der Nieren siehe pg. 509; — über den Plexus cavernosus wird bei der Erection berichtet.

Pathologisches. Entsprechend den vielfältigen Verzweigungen des Sympathicus wird er pathologischen Angriffen ein grosses Gebiet darbieten. [Wir bemerken hier zuvor, dass die Affectionen aller zu dem Gefässsystem in Beziehung stehenden Fasern an anderer Stelle besprochen werden.]

Leiden des Hals-sympathicus.

Der Halssympathicus wird am häufigsten durch direct traumatische Einwirkungen gelähmt oder gereizt. Schuss- oder Stichverletzungen, Geschwülste, geschwellte Lymphdrüsen, Aneurysmen, Entzündungen der Lungenspitzen und der angrenzenden Pleuren, Exostosen der Wirbelsäule können theils reizend, theils lähmend einwirken. Die hierdurch entstehenden Erscheinungen sind zum Theil bereits analysirt bei Besprechung des Ggl. ciliare (pg. 670). Reizung des Halssympathicus zeigt beim Menschen Erweiterung der Pupille (Mydriasis spastica), — Störungen beim Nahesehen, bei welchem die Pupille sich nun nicht verkleinern kann (siehe Accommodation), und daher auch die sphärische Aberration (siehe diese) störend einwirken muss, — Hervortreten des Augapfels unter Erweiterung der Lidspalte. — Lähmung bewirkt Verengerung der Pupille (Myosis paralytica), die bei der Accommodation, nicht aber bei Lichtreiz, noch Veränderungen ihres Durchmessers annimmt; Atropin erweitert sie etwas. Dabei ist die Lidspalte verengt, der Bulbus zurückgesunken, die Hornhaut etwas abgeplattet, und die Consistenz des Bulbus vermindert. — Bei Reizung des Sympathicus sah man vermehrte Speichelabsonderung (pag. 267). — Auch hat man unter den bezeichneten Symptomen der Reizung des Halssympathicus halbseitige Gesichtsatrophie beobachtet. — — Reizerscheinungen im Gebiete des Splanchnicus, zumal unter der Einwirkung der Bleivergiftung, geben sich durch heftige Schmerzen (Colica saturnina), Hemmung der Darmbewegungen (daher hartnäckige Verstopfung), reflectorisch gehemmte, verlangsamte Herzbewegung (im Sinne des

Affectionen des Splanchnicus.

Goltz'schen Klopfversuches) zu erkennen. — Zu den Reizungen im Gebiete der sensiblen Nerven des Sympathicus gehören auch die als Neuralgia hypogastrica (Romberg) bezeichnete Schmerzaffection in der Unterbauch- und Sacralgegend, die Hysteralgia, die Neuralgia testis, die in den einzelnen Geflechten des Sympathicus localisirt sind. — Bei den Affectionen des Unterleibssympathicus werden theils hartnäckige Verstopfungen, wobei neben einer Reizung des Splanchnicus auch mangelnde Absonderung in den Darm seitens der Darmdrüsen statthaben kann, beobachtet, — theils auch vermehrte Absonderungen der Darmschleimhaut (vgl. pg. 329). Doch herrscht auf allen diesen Gebieten noch viel Dunkel.

Neuralgien der sympathischen Abdominalgeflechte.

Veränderungen in der Darmsecretion.

359. Vergleichendes; Historisches.

Das periphere Nervensystem der Vertebraten. Gehirnnerven.

Unter den Gehirnnerven können einige ganz fehlen, andere abortiv, oder Zweige anderer werden. Der N. facialis, der beim Menschen als mimischer Gesichtsnerv und Gesichtsathmungsnerv auftritt, nimmt bei den niederen Vertebratenclassen mehr und mehr ab, gleichmässig mit der Reduction der Gesichtsmuskeln. Bei den Vögeln und Reptilien innervirt er die Muskeln am Zungenbein, oder die oberflächlichen Hals- und Nackenmuskeln. Bei den Amphibien (Frosch) ist der Facialis gesondert nicht mehr vorhanden: der demselben äquivalente Ast kommt aus dem Ggl. des Trigeminus. Bei den Fischen bilden der 5. und 7. Nerv einen gemeinsamen Complex. Der dem Facialis entsprechende Theil (auch als Ramus opercularis trigemini bezeichnet) ist vornehmlich Bewegungsnerv der Muskeln des Kiemendeckels und zeigt sich somit wieder als respiratorischer Nerv. Den Cyclostomen (Neunauge) kommt ein selbstständiger Facialis zu. — Den Vagus haben alle Vertebraten; bei den Fischen geht aus demselben der grosse Seitennerv des Leibes (N. lateralis) hervor, der in der Mittellinie des Körpers (längs des Seitencanales) einherzieht. Auch die Froschlarven besitzen ihn. Sein winziger Repräsentant beim Menschen ist der Ram. auricularis. — Beim Amphioxus sind Gehirn- und Spinalnerven nicht von einander unterschieden. Letztere zeigen in allen Vertebratenclassen grosse Uebereinstimmung. — Der Sympathicus fehlt den Cyclostomen, wo ihn der Vagus vertritt. Sein Verlauf ist längs der Wirbelsäule, woselbst er die Rami communicantes der Spinalnerven empfängt. Im Bezirke des Kopfes sind vornehmlich seine Verbindungen mit dem 5. und 10. Nerven hervorstechend bei den Fischen. Bei den Fröschen, noch mehr bei den Vögeln, nehmen die Verbindungen mit den Kopfnerven zu.

Spinalnerven und Sympathicus.

Historisches.

Der Hippokratischen Schule war bereits der Vagus und Sympathicus bekannt. Erasistratus lässt alle Nerven aus Hirn und Rückenmark hervorgehen; Herophilus unterscheidet zuerst die Nerven von den Sehnen, die Aristoteles noch zusammen warf. Galen ist bereits im Besitze einer umfassenderen Kenntniss der Nerventhätigkeit (vgl. pg. 260): er sah Stimmlosigkeit nach Unterbindung der Nn. recurrentes; er kennt den N accessorius, auch die den Abdominalnerven angefügten Ganglien. Im Talmud wird die Cauda equina erwähnt; Coiter (1573) beschreibt genau die vorderen und hinteren Rückenmarksnerven-Wurzeln. Bei Des Cartes (1650) findet sich die erste Andeutung der Reflexbewegungen; Rob. Whytt zeigte, dass das Rückenmark für dieselben nöthig sei, Rochaska wies zuerst den Reflexweg nach. Gall verfolgte genauer den 3. und 6. Nerv, ebenso die Spinalnerven bis in die graue Substanz. Ursprünglich zählte man nur 9 Hirnnerven: Sömmering theilte den Facialis und Acusticus; Andersch den 9., 10. und 11. Nerven.

Physiologie der Nerven-Centra.

360. Allgemeines.

Allgemeine Uebersicht der Functionen.

Die nervösen Centralorgane sind im Allgemeinen durch die folgenden Eigenschaften ausgezeichnet:

1. Sie enthalten Nervenzellen, welche gruppenweise angeordnet entweder im Innern der Centralorgane des Nervensystemes, oder peripherisch den Zügen der Nerven angefügt sind.

2. Die nervösen Centra sind befähigt, Reflexe auszulösen: z. B. Reflexbewegungen, Reflexsecretionen, Reflexhemmungen.

3. Die Centra können automatischer Erregung fähig sein, d. h. es können von ihnen, scheinbar ohne äussere Anregungen, Kräfte ausgehen, die sich auf periphere Organe übertragen. Diese automatischen Erregungen können entweder dauernd sein, also ohne Unterbrechung fortbestehen (tonische Automatie, oder Tonus), — oder sie können intermittirend in einem gewissen Rhythmus erfolgen (rhythmische Automatie).

4. Die Centralorgane sind die Ernährungscentra für die von ihnen ausgehenden Nerven; sie können weiterhin auch als Centra der Ernährung der von ihnen innervirten Gewebe wirksam sein (trophische Centra).

5. Die Seelenthätigkeiten sind an das intacte Bestehen der ganglienreichen Centralorgane gebunden.

Diese verschiedenen Functionen sind auf verschiedene Centra vertheilt, — kein Centrum kann mehreren Thätigkeiten vorstehen.

Ueber alle diese Punkte wird die Besprechung der Centralorgane die detailirten Erläuterungen enthalten.

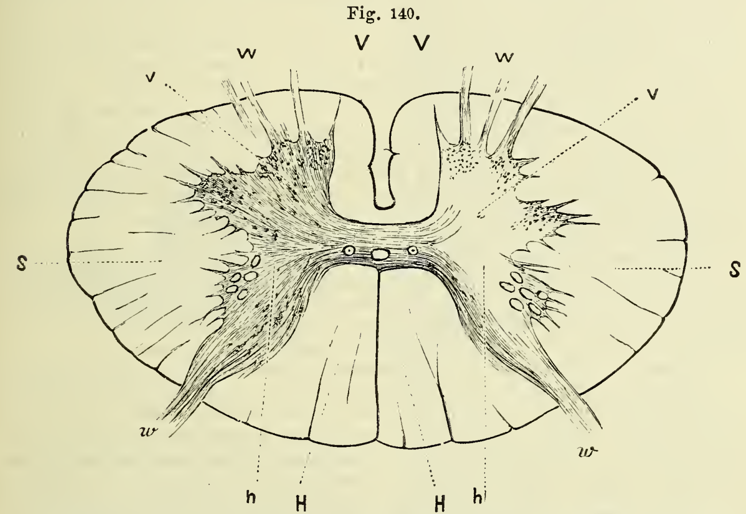
Das Rückenmark.

361. Bau des Rückenmarkes.

Graue und weisse Substanz.

Das Rückenmark enthält in seinem Innern die graue Substanz von)-(-förmiger Gestalt, an welcher man die vorderen (v) und hinteren (h) Hörner und das mittlere Verbindungsstück unterscheidet. In der Mitte der letzteren verläuft vom Calamus scriptorius bis abwärts der Centralcanal, mit Cylinderepithel ausgekleidet, der Rest des embryonalen „Medullarrohres". — Die weisse Substanz umgibt die graue: dieselbe zerfällt in mehrere

Fig. 140.



Querschnitt des Rückenmarkes; in der Mitte die Schmetterlingsförmige grauschattirte graue Substanz, ringsherum die weisse Substanz. — *h* hinteres, und *v* vorderes Horn der grauen Substanz. — *w w* die hinteren Wurzeln, *W W* die vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven. — *V V* die weissen Vorderstränge. — *S S* die Seitenstränge, — *H H* die Hinterstränge.

Stränge. Von vorn dringt in der Mittellinie ein tiefer Spalt ein, der jedoch nicht bis zum Grau hineinreicht, sondern in der Tiefe noch die weisse Commissur unzertrennt lässt. Zwischen dieser vorderen Längsspalte und der Austrittsfurche der vorderen Wurzel liegt der Vorderstrang (V V). Der seitliche Theil der weissen Masse zwischen den vorderen und hinteren Wurzeln heisst der Seitenstrang (S S); endlich wird der von dem Austritt der hinteren Wurzeln bis zur hinteren Längsspalte reichende Theil der Hinterstrang (H H) genannt. Die hintere Längsspalte reicht tiefer in das Mark, bis zur grauen Substanz hinan. An den Hintersträngen kann man noch die der Spalte zunächst liegenden zarten (Funiculi graciles) oder Goll'schen Stränge unterscheiden von dem übrigen grösseren als Keilstrang (Funiculus cuneatus) (Burdach) bezeichneten Reste des Hinterstranges. (Vgl. Figur 141.)

Die weisse Substanz besteht durchweg aus markhaltigen Nervenfasern [ohne Schwann'sche Scheide und Schnürringe, jedoch mit Hornscheiden versehen (Kühne, Ewald)], die in den Strängen longitudinal verlaufen. Die eintretenden Wurzeln, sowie auch die aus der grauen Substanz in die Stränge hineintretenden Längsfasern haben, zwischen letztere durchtretend, theils queren, theils schrägen Verlauf. In der vorderen weissen Commissur kreuzen sich ebenfalls transversal verlaufende Fasern.

Die graue Substanz enthält zunächst ein äusserst reiches Fasernetz feinster Nervenfibrillen (Gerlach), die aus den Protoplasmafortsätzen der Ganglien hervorgegangen sind. Unregelmässig angeordnete und vielfach sich theilende markhaltige Fasern durchsetzen theils das graue Fasernetz, theils gehen sie, nach vielfachen Theilungen marklos geworden, in dasselbe Netz über. Vor und hinter dem Centralcanal gehen Fasern der grauen Substanz von der einen auf die andere Seite über.

Faserverlauf nach Gerlach.

Von den Ganglienzellen liegen die grössten gruppenweise in dem Vorderhorne („motorische Ganglien"), kleinere spindelförmige („sensible") enthält das Hinterhorn. — Der weitere Zusammenhang der Fasern und Ganglien ist nach Gerlach folgender: Die Fasern der vorderen Wurzel gehen direct zu den Ganglien des Vorderhornes, in welche sie sich als Axencylinderfortsatz einsenken. Aus dem grauen Fasernetze, welches die Protoplasmafortsätze dieser Ganglien zusammensetzen, gehen breitere Fasern hervor. Ein Theil dieser (der mediale Faserzug) geht durch die vordere weisse Commissur auf die andere Seite und steigt dann im Vorderstrang der letzteren empor. Andere Fasern (der laterale Faserzug) treten in den Seitenstrang derselben Seite und steigen in diesem aufwärts, (um erst in der Pyramidenkreuzung der Medulla oblongata auf die andere Seite überzutreten). Die Fasern der hinteren Wurzeln treten in das Hinterhorn und lösen sich hier durch Theilung in zarte Fibrillen auf, welche dem grauen Fasernetz sich einfügen. Durch letzteres stehen sie indirect mit den Ganglienzellen des Hinterhornes (die also keinen Axencylinderfortsatz haben) in Verbindung.

Das graue Fasernetz, welches auch die Ganglien der Vorder- und Hinterhörner mit einander verbindet, sendet weiterhin Fäden ab, welche vor und hinter dem Centralcanal innerhalb der grauen Commissuren auf die andere Seite hinübertreten. Von hier nehmen sie einen Verlauf nach hinten zu, um theils in den Hinterhörnern, theils in den Hintersträngen aufwärts zu steigen.

Bindesubstanz.

Das Bindegewebe des Rückenmarkes stammt theils von der Pia mater ab und dringt mit Gefässen nur in die weisse Substanz ein, um die Nervenfasern in verschiedene Bündel zu sondern. Hiervon zu unterscheiden ist die Neuroglia. die eigentliche bindende Stützsubstanz. Sie stellt ein feines elastisches (Gerlach) Faserwerk dar, welches nebst kleineren rundlichen und grösseren sternförmigen Zellen (Kölliker) in eine feinkörnige Grundsubstanz eingelassen ist. Um den Centralcanal herum liegt die Bindesubstanz dichter als sogenannter „centraler Ependymfaden". Ferner findet sich reichlicher die Bindesubstanz an der Spitze und den Rändern der Hinterhörner, wo sie Substantia gelatinosa Rolandi genannt wird.

Systematische Anordnung der Längsfasern in besonderen Leitungsbahnen.

Die Gesammtheit der longitudinalen Fasern der Rückenmarksstränge sind je nach ihrer Function systematisch in besondere Bündel geordnet. Schon Türck hatte gefunden, dass bei Erkrankungen gewisser Gehirntheile stets ganz bestimmte Faserzüge innerhalb des Rückenmarkes secundär entarteten. P. Schieferdecker zeigte hiermit übereinstimmend, dass nach Durchschneidungen des Rückenmarkes, oberhalb und unterhalb der Schnittstelle sich die fettige Entartung innerhalb ganz besonderer Bündel ausbreitete. Endlich zeigte Flechsig, dass die Fasersysteme im Rückenmarke während der Entwickelung zu verschiedenen Zeiten ihre Myelinhüllen erhalten und zwar bekommen diejenigen Fasern sie am spätesten, welche den längsten Verlauf haben. Er ermittelte auf diese Weise folgende Systeme der Längsbahnen (Figur 141): 1. Im Vorderstrang liegen der vorderen Längsspalte zunächst a) die Pyramidenbahnen; nach aussen davon b) die Vorderstranggrundbündel. — 2. Im Hinterstrange unterscheidet er c) die Goll'schen Stränge und d) die Burdach'schen Keilstränge. — 3. In den Seitensträngen liegen e) die vorderen und f) die seitlichen gemischten Seitenstrangbahnen, g) die Pyramidenbahnen des Seitenstranges und h) die Kleinhirnseitenstrangbahnen. —

Verbindungen dieser Leitungs-Systeme.

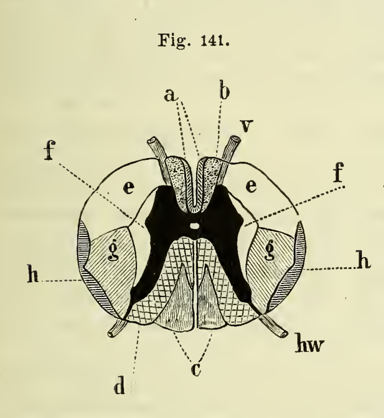
Von diesen führen a und g alle Verbindungen zwischen der grauen Substanz des Rückenmarkes zu den Ganglien des Pes des Pedunculus cerebri bis zu den Centralwindungen der Rinde des grossen Gehirnes; h verbindet das Kleinhirn mit der grauen Substanz des Rückenmarkes (Clarke'sche

Säulen?); b, e, f stellen die Bahnen dar für die Verbindung der reflectorischen Centren in dem Rückenmarksgrau und in der Medulla oblongata, auch liegen in ihnen diejenigen Fasern, welche als directe Fortsetzungen der vorderen Rückenmarkswurzeln aufsteigen und nach und nach in die graue Substanz eintreten. Endlich sind c Verbindungen der hinteren Wurzeln mit den grauen Kernen der Funiculi graciles der Medulla oblongata, d stellt Verbindungsbahnen zwischen eintretenden hinteren Wurzeln und der grauen Substanz, sowie zwischen diesen Theilen und der Medulla oblongata dar.

Fernerhin haben sich in Bezug auf diese Bahnen noch folgende Punkte herausgestellt: die Pyramidenbahnen (a und g), die Kleinhirnseitenstrangbahnen (h), vielleicht auch die Goll'schen Stränge (c) zeigen eine continuirliche Querschnittabnahme in der Richtung von oben nach unten: sie verbinden intracranielle Centraltheile mit den durch die Länge des Rückenmarkgraues zerstreut liegenden Ganglienherden. — Die Vorderstranggrundbündel (b), die Keilstränge (d) und die vorderen gemischten Seitenstrangbahnen (e) zeigen in verschiedenen Höhen des Rückenmarkes Schwankungen in der Mächtigkeit ihres Durchmessers, und zwar entsprechend der Mächtigkeit der eintretenden Nervenwurzeln. Man kann hieraus folgern, dass in diesen Bahnen Fasern liegen, welche verschiedene Niveaux des Rückenmarksgraues mit einander und schliesslich auch mit der Medulla oblongata verbinden, also nicht direct bis zu höheren Gehirntheilen vordringen. — Schon Türck hatte beobachtet, dass die Zerstörung gewisser Grosshirntheile eine Entartung derjenigen Faserzüge im Rückenmarke nach sich zieht, welche den Pyramidenbahnen Flechsig's entsprechen. P. Schieferdecker fand dieselben Bahnen unterhalb eines Schnittes entartet, welcher das Dorsal- und Lumbarmark (Hund) trennte. Hieraus ist zu folgern, dass die Pyramidenbahnen ihr nutritives Centrum im Grosshirn haben müssen. — Die vorderen Rückenmarkswurzeln haben im Rückenmarksgrau ihr Ernährungscentrum. — Aufwärts von einer Rückenmarksdurchtrennung entarten secundär die Goll'schen Stränge und die Kleinhirnseitenstrangbahnen; letztere haben ihr nutritives Centrum vielleicht in den Ganglien der Clarke'schen Säulen, erstere vielleicht in den Spinalganglien der hinteren Wurzeln. — Diejenigen Fasern des Markes endlich, welche nach Durchtrennungen gar nicht entarten, sind wohl Commissuren des Rückenmarkes, die von Ganglien zu Ganglien hinziehen und an beiden Endpunkten nutritive Herde besitzen.

Nutritive Centren der Leitungsbahnen.

Fig. 141.



System der Leitungsbahnen im Rückenmarke (am 3. Dorsalnerven) nach Flechsig. Der schwarze Mitteltheil der Figur ist die graue Substanz. — *v* vordere Wurzel. — *hw* hintere Wurzel. — *a* und *g* Pyramidenbahnen. — *b* Vorderstranggrundbündel. — *c* Goll'sche Stränge. — *d* Burdach'sche Keilstränge. — *e* und *f* gemischte Seitenstrangbahnen. — *h* Kleinhirnseitenstrangbahnen.

Zeit der Bildung der Leitungssysteme.

Rücksichtlich der Zeit der Bildung der einzelnen Systeme bemerkt Flechsig: Zuerst bilden sich die Bahnen zwischen der Peripherie und dem centralen Markhöhlengrau, zumal also die Nervenwurzeln. Sodann entstehen Fasern, welche verschiedene dem Markgrau angehörige Centren verbinden. Dann erscheinen Fasern, welche zwischen dem Markgrau und dem Kleinhirn, wie auch zwischen ersterem und der Haube des Pedunculus cerebri die Verbindung herstellen. Zuletzt entstehen die Fasersysteme, welche die Ganglien des Hirnschenkelfusses, vielleicht auch das Grosshirnrindengrau mit dem Rückenmarksgrau in Verbindung setzen. (Bei angeborenem Mangel des Grosshirnes entstehen weder die Pyramidenbahnen, noch auch die Pyramiden.)

362. Reflexe im Rückenmarke.

Wesen der Reflex-bewegung. Unter Reflexbewegung verstehen wir eine Bewegung, welche hervorgerufen wird durch die Erregung eines centripetal-leitenden (sensiblen) Nerven. Letzterer nimmt die Reizung auf, leitet sie zum Centrum (Rückenmarke) hin, dessen zellenreiche graue Substanz das Reflexcentrum darstellt; im Centrum wird schliesslich die hier angelangte Erregung auf die motorische centrifugale Bahn übertragen. So gehören zur Reflex-*Bedingungen.* bewegung 3 Factoren: die centripetalleitende Faser, — das übertragende Centrum, — die centrifugalleitende Faser: sie stellen den sogenannten Reflexbogen dar. Die Thätigkeit des Willensorganes ist beim Zustandekommen der Reflexbewegung ausgeschlossen.

Man kann folgende drei Arten der Reflexbewegungen unterscheiden:

Der partielle Reflex. 1. Der einfache oder partielle Reflex, welcher dadurch charakterisirt ist, dass die Erregung eines sensiblen Bezirkes die Bewegung von nur einem Muskel, oder doch nur von einer beschränkten Gruppe auslöst. Beispiel: Schlag auf's Knie bewirkt Zuckung im M. quadriceps femoris; im Bereiche der Kopfnerven bewirkt Berührung der Conjunctiva Schluss der Lidspalte.

Der Reflex-krampf. 2. Der ausgebreitete ungeordnete Reflex, oder der Reflexkrampf. Derselbe tritt in Form klonischer oder tetanischer Zuckungen auf, an denen sich ganze Muskelgruppen, oder selbst alle Muskeln des Körpers betheiligen. Der Reflex-*Ursachen.* krampf hat eine doppelte Ursache: a) Entweder befindet sich das Rückenmarksgrau im Zustande excessiver Reizbarkeit, so dass der zugeleitete Reiz sich von der Stelle des Eintrittes den leicht erregbaren benachbarten Centralbezirken mittheilen kann. Hochgradige Reizbarkeit bedingen in dieser Weise gewisse Gifte, namentlich Strychnin, dann auch das Brucin, Chinin, Coffein (Aubert), Atropin, Curare, Nicotin, Opium, Carbolsäure u. A. Die leiseste Berührung eines mit Strychnin Vergifteten genügt, um alle Muskeln des Körpers sofort in Krampf zu versetzen. Auch gewisse pathologische und krankhafte Affectionen können Aehnliches bewirken. Hierher gehört die excessive Reizbarkeit bei der Hydrophobie und dem Tetanus. *Ver-hinderung.* Umgekehrt kann auch das Centralorgan in einen Zustand versetzt werden, in welchem ausgebreitete Reflexkrämpfe nicht zur Ausbildung kommen können: im Zustande der Apnoë bleiben die Krämpfe bei Strychninvergifteten aus (Rosenthal und Leube, Uspensky), und zwar in Folge der passiven künstlichen Athembewegungen (Ebner). Auch die Ausübung passiver anderer periodischer Bewegungen an Körpertheilen ruft einen ähnlichen Zustand hervor (Buchheim). — b) Ausgebreitete Reflexkrämpfe können aber auch zu Stande kommen, wenn die

reflexauslösende Reizung sehr heftig ist. Beispiele dieser Art werden auch bei Menschen beobachtet: bei intensiven Neuralgien sah man ausgebreitete Krämpfe auftreten.

Summation schwacher Reize. Schwache Reize, welche einmal applicirt, nicht im Stande sind, Reflexe auszulösen, vermögen dies durch Wiederholung. Es findet dann im Rückenmarke, dem die einzelnen Reize zugeführt werden, eine Summation derselben statt. Zu einem solchen Effecte reichen bereits 3 schwache Reize in einer Secunde hin; am wirksamsten scheinen 16 in einer Secunde zu sein, über welches Mass hinaus keine intensivere Wirkung möglich ist (J. Rosenthal). W. Stirling hat es wahrscheinlich gemacht, dass überhaupt die Reflexe durch wiederholte Anstösse der nervösen Centren zu Stande kommen.

Pflüger's Gesetz der Ausbreitung der Reflexe. Pfüger hat das Gesetz aufgestellt, nach welchem die Ausbreitung der Reflexe sich vollzieht: 1. Zunächst erfolgt die Reflexbewegung auf derselben Seite, auf welcher auch der sensible Nerv gereizt ist, und zwar treten nur solche Muskeln in Action, deren Nerven in gleicher Niveauhöhe aus dem Marke hervorgehen. — 2. Wenn der Reflex weiter auch auf der anderen Seite erfolgt, so tritt er stets nur in den Muskeln auf, welche auf der primären Seite bereits ebenfalls contrahirt sind. — 3. Bei ungleicher Intensität der Krämpfe auf beiden Seiten gehören die heftigsten Bewegungen der primären Seite an. — 4. Beim Weitergreifen der Reflexerregung auf benachbarte Bewegungsnerven werden stets diejenigen herangezogen, welche in der Richtung zur Medulla oblongata liegen. — Wird bei Thieren das Rückenmark der ganzen Länge nach in der Mittellinie getheilt, so bleiben die Reflexe nur einseitig (Schiff).

Die allgemeinen Krämpfe zeigen sich als „Streckkrämpfe" desshalb, weil die Kraft der Extensoren die überwiegende ist. Nerven, welche aus der Medulla oblongata entspringen, können übrigens auch durch Reizung entfernter liegender centripetaler Nerven reflectorisch mit angeregt werden, doch ohne dass allgemeine Reflexkrämpfe auftreten.

Wirkung des Strychnins. Das Strychnin, das heftigste Reflexkrämpfe erregende Gift, wirkt direct auf die Ganglien des Rückenmarkgraus. Es treten daher auch dieselben Reflexkrämpfe auf, wenn man das Gift (beim Frosche nach Unterbindung des Herzens) direct auf das blossgelegte Rückenmark bringt. Im Krampfanfalle steht das Herz (durch Vagireizung) diastolisch still Säugethiere können im Anfalle durch Erstickung zu Grunde gehen; doch erfolgt nach grossen Dosen der Tod bei alsbald sehr zurücktretenden Krämpfen durch Rückenmarkslähmung. Hühner sind gegen ziemliche Dosen völlig immun.

Der geordnete Reflex. 3. Der ausgebreitete wohlgeordnete Reflex ist dadurch charakterisirt, dass nach Erregung einer sensiblen Faser innerhalb ganzer und sogar verschiedener Muskelgruppen Bewegungen complicirter Art ausgelöst werden, welche den Charakter der Zweckmässigkeit, ja des willkürlich Intendirten haben.

Untersuchungsmethode. Die Versuche werden entweder an Kaltblütern angestellt: enthauptete Frösche, Eidechsen oder Aale, — oder an Säugethieren, denen man (bei künstlicher Respiration) die 4 Kopfschlagadern unterbunden hat, so dass das Gehirn functionsunfähig wird (Sig. Mayer, Luchsinger). Reflexe im Bereiche des unteren Rückenmarkes lassen sich auch an Thieren (oder Menschen) mit querdurchtrenntem Rückenmarke (im oberen Dorsaltheile) studiren, nur muss nach der Trennung einige Zeit verflossen sein, so dass der primäre Reiz der Läsion, der zunächst reflexhemmend wirkt, sich verloren hat. Ganz junge Säugethiere zeigen sogar nach dem Köpfen noch einige Zeit Reflexe.

Beispiele geordneter Reflexe. Zu den geordneten Reflexen gehören:

1. Die Abwehr- und Fluchtbewegungen enthirnter oder decapitirter Frösche, das Abwischen aufgetupfter Säure von der Haut derselben, das Anstemmen gegen fixirende Werkzeuge u. dgl. Alle diese finden anscheinend mit Ueberlegung und unter Aufbietung der am

zweckmässigsten zu verwendenden Muskelgruppen statt, so dass Pflüger dieselben als von einer „Rückenmarkseele“ geleitet bezeichnet hat. Sogar ausgeschnittene Stücke Aal wenden sich noch zweckmässig von einem angebrachten intensiven Reize (Flamme) fort.

2. Der Goltz'sche Quarrversuch, welcher darin besteht, dass ein enthirnter Frosch allemal seine Stimme ertönen lässt, sobald man dessen Rückenhaut streichelt.

3. Der Goltz'sche Umklammerungsversuch: Das Rumpfstück des Froschmännchens zwischen Schädel und 4. Wirbel umklammert (zur Zeit der Umarmung der Frösche im Frühlinge) jeden festen Gegenstand, der die Brusthaut leicht reizend berührt.

4. Bei Warmblütern (Hunden) gehören zu den geordneten Reflexen im Bereiche des hinteren abgetrennten Markendes: das Kratzen gekitzelter Hautstellen mit den Hinterpfoten (wie beim unverletzten Thiere), ferner die zur Harn- oder Kothentleerung, sowie zur Erection nothwendigen Bewegungen; die Bewegungen; die zum Gebäract erforderlich sind (Goltz, Freusberg, Gergens). — Geordnete Reflexe gleichzeitig in weit von einander liegenden Markstellen scheinen nach Entfernung der Medulla oblongata nicht mehr statthaben zu können. Sie ist vielleicht so ein Reflexorgan höherer Ordnung, welches die verschiedenen Reflexprovinzen im Rückenmarke (durch weisse Fasern) leitend verbindet (Ludwig und Owsjannikow).

5. Beim Menschen kommen geordnete Reflexe auch noch im Schlafe vor, desgleichen in krankhaften soporösen Zuständen.

Unbewusste im Wachen ausgeführte geordnete Reflexe.

Weitaus die meisten im wachen Zustande ausgeführten Bewegungen, welche wir unbewusst ausführen, oder auch dann, wenn die psychischen Thätigkeiten anderweitig intensiv in Anspruch genommen werden, müssen den geordneten Reflexen zugezählt werden. Manche complicirtere Bewegungsmechanismen müssen erst angelernt werden, z. B. Gehen, Schlittschuhlaufen, Reiten, bevor bei ihnen unbewusst harmonisch geordnete Reflexe wieder ausgelöst werden können. — Zu den vom Rückenmarke einschliesslich der Medulla oblongata ausgehenden geordneten Reflexen gehören auch das Husten, Niesen, Erbrechen.

In Bezug auf die Eigenart der Reflexe sind noch folgende Punkte beachtungswerth:

Ort der Reizeinwirkung.

1. Die Reflexe lassen sich leichter und in vollendeterer Weise auslösen, wenn das specifische Endorgan des centripetalleitenden Nerven die Erregung aufnimmt, als wenn der Stamm des Nerven in seinem Verlaufe gereizt wird.

Reizstärke.

2. Zur Auslösung einer Reflexbewegung bedarf es einer stärkeren Reizung, als zur directen Reizung des motorischen Nerven.

Dauer der Reflexbewegung und die Reflexzeit.

3. Die reflectorisch erregte Bewegung ist von kürzerer Dauer, als die gleiche willkürlich ausgeführte. Weiterhin ist ihr Eintritt nach dem Momente der Reizung entschieden verzögert. Bis zum Eintritt der Zuckung verläuft (beim Frosche) eine etwa zehnmal so lange Zeit, als diejenige beträgt, welche zwischen der Reizung des motorischen Nerven und der Zuckung verstreicht (latente Reizung, pg. 555). Es setzt

somit das Rückenmark dem zeitlichen Verlaufe der Erregung durch dasselbe Widerstände entgegen.

Einflüsse auf die Reflexzeit. Beim Frosch beträgt die Reflexzeit zwischen den sensiblen und motorischen Fasern derselben Seite 0,008—0,015 Secunden. Diese Zeit nimmt noch gegen $^1/_3$ zu, wenn die Leitung auf die andere Seite übergeht, oder durch die Länge des Rückenmarkes hindurch (von der sensiblen Wurzel der vorderen Extremität bis zur motorischen des Hinterbeines). Erniedrigung der Temperatur (Winter-Frösche), ebenso die vorhin benannten reflexsteigernden Gifte verlängern die Reflexzeit während gleichzeitiger Erhöhung der Reflexerregbarkeit. — Umgekehrt nimmt die Reflexzeit ab mit steigender Reizstärke und kann so selbst von minimaler Dauer werden (J. Rosenthal).

Bestimmung der Reflexzeit. Man kann die Reflexzeit bestimmen, indem man das Moment der Reizung der sensiblen Faser und das Moment der Zuckung zeitlich markirt. Von dem so gefundenen Werthe ist abzuziehen die Zeit, welche die Leitung in den beiden Nervenbahnen beansprucht (pg. 654), sowie die Dauer der latenten Reizung (pg. 555) (Helmholtz, Rosenthal, Exner, Wundt).

363. Hemmung der Reflexe.

Es existiren im Körper Mechanismen, durch welche die Auslösung der Reflexe unterdrückt werden kann, die man demgemäss als Hemmungsmechanismen der Reflexe bezeichnet hat. Diese sind:

Willkürliche Hemmung der Reflexe. 1. Durch das Willensorgan können sowohl im Bereiche des Gehirnes, als auch des Rückenmarkes, Reflexe willkürlich gehemmt werden. Beispiele: Offenhalten des Auges bei Berührung des Bulbus, — Hemmung der Bewegungen beim Kitzeln der Haut. Hierbei ist jedoch zu bemerken, dass die Unterdrückung der Reflexe nur bis zu einem gewissen Punkte möglich ist; — bei starkem und oft wiederholtem Reizeingriff siegt schliesslich die Reflexanregung über den Willen. Es können weiterhin überhaupt nicht solche Reflexbewegungen unterdrückt werden, welche auch willkürlich niemals als Bewegungen ausgeführt werden können. So können die Erection, die Ejaculation, der Gebäract, die Bewegungen der Iris weder willkürlich direct ausgeführt, noch auch, wenn sie einmal reflectorisch erregt sind, durch den Willen unterdrückt werden.

Hemmung durch Setschenow's Centrum. 2. Als Setschenow'sches Hemmungscentrum wird ein zweiter cerebraler Apparat bezeichnet, der jederseits beim Frosche in dem Lobus opticus belegen ist. Abtrennung dieser Theile durch einen Schnitt erhöht die Reflexerregbarkeit, Reizung der unteren Schnittfläche (durch Kochsalz oder Blut) unterdrückt umgekehrt die Reflexbewegungen. Der Erfolg kann auch bei der Operation auf nur einer Seite beobachtet werden. Für die höheren Wirbelthiere schliesst man auf das Vorhandensein analoger Organe in den Vierhügeln und in der Medulla oblongata.

Hemmung durch Reizung sensibler Nerven. 3. Stärkere Reizung eines Gefühlsnerven unterdrückt die Reflexbewegungen. Es unterbleibt sogar der Reflex, wenn der ihn auslösende centripetalleitende Nerv sehr stark

gereizt wird (Goltz, Lewisson, A. Fick und Erlemeyer). Beispiele: Unterdrückung des Niesens durch Friction der Nase, Unterdrückung der Bewegung beim Kitzeln durch Beissen auf die Zunge. Besonders heftige Reizungen sensibler Nerven können auf diese Weise sogar die willkürlichen Bewegungen unterdrücken. Heftige Schmerzen der Unterleibsorgane (Darm, Uterus, Nieren, Leber, Blase) ziehen Unvermögen zum Gehen oder Stehen nach sich. Hierher ist auch zu rechnen das Niederfallen bei Verwundungen nervenreicher innerer Organe, welche an sich weder wegen Verletzung motorischer Nerven, noch auch wegen Blutverlust das Vermögen, sich aufrecht zu erhalten, beeinträchtigen würden.

Gewisse Gifte setzen die Reflexerregbarkeit herab, wie Chloroform, Digitalis, Calabar, Chinin, Bromkalium u. A., wahrscheinlich nach vorhergegangener transitorischer Erhöhung.

Prüfung der Reflexerregbarkeit. Nach der Methode von Türck prüft man beim decapitirten Frosche den Grad der Reflexerregbarkeit dadurch, dass man die Zeit bestimmt, welche verstreicht von dem Eintauchen der Pfote in verdünnte Schwefelsäure, bis zum Erfolg der Abwehrbewegung. Nach Betupfung der Lobi optici mit Blut oder auch nach Reizung eines sensiblen Nerven ist diese Zeit verlängert.

Hemmung der tactilen und pathischen Reflexe. Setschenow hat die Reflexe unterschieden in tactile, welche durch Erregung der Tastnerven ausgelöst werden, und in pathische, die ihren Ursprung der Reizung sensibler (Schmerzempfindung leitender) Fasern verdanken. Er glaubt nun mit Paschutin, dass die tactilen Reflexe durch das Willensorgan, die pathischen durch das von ihm beschriebene Centrum gehemmt würden.

Theorie der Reflexbewegungen. Zur Erklärung der bei den Reflexbewegungen beobachteten Erscheinungen hat man die folgende Theorie aufgestellt. Man nimmt an, dass die centripetalleitende Faser innerhalb der grauen Substanz, mit deren Ganglien sie durch das Fasernetz der grauen Substanz nach allen Seiten hin in Verbindung steht, bei der Fortleitung des in derselben hingeleiteten Reizes auf beträchtlichen Widerstand stösst. *Einfacher Reflex.* Der geringste Widerstand liegt in der Richtung zu denjenigen motorischen Fasern, welche in gleichem Markniveau derselben Seite austreten. So entsteht bei den schwächsten Reizen der einfache Reflex, der sich im Allgemeinen als einfachste Schutz- oder Abwehrbewegung für die Stelle des sensiblen Eingriffes zu erkennen gibt. In der Richtung zu anderen *Ausgebreiteter Reflexkrampf.* motorischen Ganglien sind der Fortleitung der Erregung noch grössere Widerstände entgegengesetzt. Soll gleichwohl der Reflex auch auf diese Bahnen übergehen, so muss entweder der auslösende Reiz erheblich verstärkt werden, (denn mit der zunehmenden Stärke und Dauer der Reizung vermag die Reflexbewegung an Ausbreitung zuzunehmen), oder es muss der Widerstand innerhalb der Verbindungen der Ganglien der grauen Substanz abnehmen. Letzteres geschieht durch Einwirkung der erwähnten Gifte, sowie auch unter dem Einflusse allgemeiner gesteigerter nervöser Reizbarkeit (Hysterie, Nervösität). So kann bei Verstärkung des Reizes, oder bei Herabsetzung der Leitungswiderstände im Rückenmarke der ausgebreitete Reflexkrampf entstehen. Von denjenigen *Hemmung der Reflexe.* Mitteln, welche erfahrungsgemäss die Reflexe erschweren oder verhindern, ist dann die Annahme gerechtfertigt, dass sie in die Leitungsbahnen des Reflexbogens grössere Widerstände setzen. In ähnlicher Weise müsste die Wirkung der reflexhemmenden Einflüsse interpretirt werden. Da offenbar die Fasern des Reflexbogens mit den reflexhemmenden Leitungen in Verbindung stehen müssen, so denke man sich, dass durch die reflexhemmende Erregung gleichfalls ein Widerstand in den Reflexbogen hineingeleitet werde. Schwierigkeiten bietet hiernach noch die Erläuterung der ausgebreiteten geordneten Reflexe. Man hat sich vorgestellt, dass durch Gebrauch und weiterhin durch Vererbung diejenigen Ganglienzellen, welche den Reiz zunächst empfangen, mit solchen in

die bestleitende Verbindung gesetzt sind, welche den Reiz auf diejenigen Muskelgruppen übertragen, deren Thätigkeit den Körper oder das betreffende Glied etwaigen schädlichen Einwirkungen des Reizes am besten durch eine geordnete zweckmässige Bewegung entzieht. So erregt ein Reiz jedesmal eine durch Uebung coordinirte Gangliengruppe, welche mit einem harmonischen, zusammengehörigen Bewegungsmechanismus den Reiz beantwortet.

Pathologisches.

Pathologisches. Anomalien der Reflexthätigkeit bieten dem Arzte bei der Untersuchung der Nervenkrankheiten ein weites wichtiges Gebiet. Schwächung oder selbst völliges Erlöschen der Reflexe kann stattfinden: 1. bei geschwächter Empfindlichkeit oder völliger Unempfindlichkeit der centripetalleitenden Fasern, 2. bei analoger Affection des Centralorganes, 3. oder endlich der centrifugalleitenden Fasern. Bei tiefem Gesunkensein der gesammten Nerventhätigkeit (wie nach Erschütterungen, Compression, Entzündungen der Centralorgane; in tiefem Coma und in Folge mancherlei Vergiftungen) treten die Reflexe gleichfalls oft bis zum Aufhören zurück. — Man hat unter krankhaften Verhältnissen dem Verhalten gewisser Reflexe besondere Aufmerksamkeit gewidmet: z. B. den sogenannten Sehnenreflexen, die darin bestehen, dass ein Schlag auf die Sehne (z. B. des Quadriceps femoris, Achillessehne u. a.) eine Reflexzuckung des betreffenden Muskels auslöst. So fand Eulenburg die Sehnenreflexe, zumal den Patellarsehnenreflex (auch Kniephänomen genannt), ausnahmslos fehlend bei der ataktischen Tabes dorsalis, — bei der spastischen Spinalparalyse (Erb) jedoch abnorm stark und ausgebreitet. Ein anderer diagnostisch wichtiger Reflex ist der „Bauchreflex“ (O. Rosenbach), der darin besteht, dass auf Bestreichen der Bauchhaut mit dem Stiel des Percussionshammers sich die Bauchmuskeln zusammenziehen. So zeigt das beiderseitige Fehlen dieses Reflexes bei einem Hirnleiden eine diffusse Gehirnerkrankung an; einseitiges Fehlen deutet auf eine locale Affection der entgegengesetzten Hirnhälfte. Auch der Cremaster-, Conjunctival-, Mamillar-, Pupillar-, Nasen-Reflex u. a. können so Object der Untersuchung sein. Mit Hemiplegie verbundene Gehirnläsionen zeigen stets auf der gelähmten Seite Herabsetzung der Reflexe (während nicht selten der Patellarreflex gesteigert sein kann). Bei ausgebreiteter Gehirnaffection besteht bei gleichzeitigem Coma doppelseitiges Fehlen der Reflexe (O. Rosenbach), natürlich auch des Anus und der Blase.

Schwächung oder Erlöschen der Reflexe.

Pathologisch wichtige Reflexe.

Im festen Schlafe treten die Reflexe bis zum Verschwinden zurück: Conjunctival-, Sehnen- und Bauchreflex; die Pupillen sind eng. Die Abwehrbewegungen dagegen, mit denen der Schlafende auf äussere Reizung reagirt, bieten ein anderes Verhalten. In der Narkose (z. B. durch Chloroform oder Morphin) schwinden zuerst die Bauch-, dann der Conjunctival- und Patellar-Reflex, endlich verengern sich die Pupillen (O. Rosenbach).

Reflexe im Schlafe und in der Narkose.

Abnorme Erhöhung der Reflexthätigkeit deutet meist auf eine Steigerung der Erregbarkeit des Reflexcentrums; es kann aber auch eine abnorme Empfindlichkeit des centripetalleitenden Nerven die Ursache sein. Da das harmonische Ebenmass der willkürlichen Bewegungen vielfältig von Reflexen geleitet und abgestuft wird, so ist es erklärlich, dass bei Rückenmarksleiden vielfache Störungen desselben beobachtet werden, wie z. B. die charakteristische Störung beim Gehen und in den Greifbewegungen der Tabetiker.

Erhöhung der Reflexe.

Einfluss der Reflexstörung auf die willkürlichen Bewegungen.

364. Centra im Rückenmarke.

An verschiedenen Stellen des Rückenmarkes befinden sich Centra, welche auf reflectorische Anregung gewisse wohlgeordnete Bewegungsmechanismen zur Auslösung gelangen lassen. Diese Centra vermögen zwar ihre Thätigkeit beizubehalten, selbst dann, wenn das Rückenmark von der Medulla oblongata abgetrennt ist, — ferner können wohl auch die im unteren Rückenmarkstheile liegenden Centra nach Trennung des oberen Theiles thätig bleiben, allein im normalen Körper

Die Reflexcentra des Rückenmarkes.

sind diese Rückenmarkscentra in ihrer Thätigkeit anderen höheren Reflexcentren der Medulla oblongata untergeordnet. Man kann die Centra daher auch als subordinirte Spinalcentra bezeichnen. Ferner kann auch das Grosshirn theils durch Erregung von Vorstellungen, theils als Willensorgan durch Anregung oder Unterdrückung der Reflexe Einfluss auf einzelne subordinirte Spinalcentren haben. Das Nähere ergibt sich aus dem Folgenden.

Sie sind subordinirte Centra.

Centrum der Pupillen-Dilatation.

1. Das Centrum für die Pupillenerweiterung liegt im unteren Cervicaltheil und abwärts im Bereich des ersten bis dritten Brustwirbels (Budge's Centrum ciliospinale). Es wird durch Verdunkelung erregt; stets reagiren beide Pupillen gleichzeitig auf die Beschattung einer Netzhaut. Einseitige Exstirpation dieser Rückenmarkpartie verengt die Iris dieser Seite. Die motorischen Fasern treten durch die vorderen Wurzeln der 2 unteren Hals- und 2 oberen Brustnerven in den Halssympathicus über (vgl. diesen pg. 697 und pg. 668). Das beherrschende Centrum liegt in der Medulla oblongata (Salkowski). Sogar Vorstellung von Dunkelheit vermag (selten) Pupillendilatation zu erzeugen (Budge).

Centrum der Defäcation.

2. Das Centrum für die Kothentleerung: Budge's Centrum anospinale. Die centripetalleitenden Nerven liegen in den Pl. hämorrhoidales und mesentericus inferior, das Centrum am 5. (Hund) oder 6.—7. (Kaninchen) Lendenwirbel; die centrifugalleitenden Fasern entstammen dem Pl. pedendus und treten zu den Schliessmuskeln. Ueber die Erregung dieses Centrums und seine Unterordnung unter das Grosshirn siehe pg. 289 ffg. Nach Durchschneidung des Rückenmarkes sah Goltz, dass sich der Afterschliesser rhythmisch um den eingeführten Finger contrahirte; die geordnete Thätigkeit des Centrums ist daher nur in Verbindung mit dem Gehirne möglich.

Centrum der Harn-entleerung.

3. Das Centrum der Harnentleerung (Centrum vesicospinale (Budge). Dasselbe liegt für den Schliessmuskel am 5. (Hund) oder am 7. (Kaninchen) Lendenwirbel, für die Blasenmuskeln etwas höher. In geordneter Weise functionirt das Centrum nur in Abhängigkeit vom Gehirn, worüber pg. 515 ffg. berichtet ist.

Centrum der Erection.

4. Das Centrum für die Erection (Goltz, Eckhard) liegt ebenfalls im Lendentheile. Die sensiblen Nerven sind die Gefühlsäste des Penis; die centrifugalleitenden sind für die Art. profunda penis die vasohypotonisirenden oder gefässhemmenden Nerven aus dem ersten bis dritten Sacralnerven (Eckhard's Nervi erigentes), für die Mm. ischiocavernosus und transversus perinei profundus die Bewegungsfasern aus dem dritten und vierten Sacralnerven. Letztere können auch willkürlich erregt werden, erstere auch zum Theil vom Gehirn aus durch Richtungen der Gedanken auf die Geschlechtsthätigkeit.

Eckhard sah auch Erection nach Reizung höherer Rückenmarkstheile sowie des Pons und der Crura cerebri.

5. Das Centrum für die Ejaculation. Die sensiblen Nerven (N. dorsalis Penis) sind die anregenden, das Centrum (Budge's Centrum genitospinale) liegt am 4. Lendenwirbel (Kaninchen), die motorischen Fasern der Samenleiter entstammen dem 4. und 5. Lumbalnerven, welche in den Grenzstrang des Sympathicus und endlich von hier zu den Samenleitern hintreten. Für den M. bulbocavernosus, den Herausschleuderer des Samens aus dem Bulbus der Harnröhre, liegen die motorischen Fasern im 3. und 4. Sacralnerven (Nn. perinæi).

Centrum der Ejaculation.

6. Das Centrum für den Gebäract am ersten und zweiten Bauchwirbel (Körner): Die centripetalen Fasern kommen vom Pl. uterinus, in welchen auch vom Rückenmarke her die motorischen Fasern wieder eintreten. Goltz und Freusberg beobachteten Begattung und Geburt bei einer Hündin mit am ersten Bauchwirbel durchschnittenem Marke.

Centrum des Gebäractes.

7. Gefässnervencentra, und zwar sowohl vasomotorische, als auch vasodilatatorische, finden sich durch die ganze spinale Axe verbreitet. Diesen ist auch das Milzcentrum (Bulgak) beizuzählen (1. bis 4. Halswirbel, Hund). Sie werden reflectorisch erregt, — sind aber ausserdem dem dominirenden Centrum der Medulla oblongata untergeordnet. Auch psychische Erregungen (Grosshirn) vermögen sie zu beeinflussen.

Centra der Gefässnerven.

8. Centra für die Schweisssecretion, vielleicht in analoger Vertheilung wie die Gefässnervencentra (vgl. pg. 531 ffg.).

Centra der Schweisssecretion.

Die von den benannten Centren ausgelösten Bewegungen sind nach dem Mitgetheilten als geordnete Reflexe zu hezeichnen und im Grunde somit den geordneten Reflexen der Rumpf- und Extremitäten-Musculatur an die Seite zu stellen.

Man hat früher dem Rückenmarke auch noch automatische Functionen zugesprochen, und zwar zunächst eine gewisse mittlere active Spannung der Muskeln, die man als Tonus bezeichnete. Den Tonus der quergestreiften Fasern wollte man herleiten aus dem Zurückziehen der Enden eines durchschnittenen Muskels; allein dies rührt einfach daher, dass die Muskeln alle etwas über ihre normale Länge hinaus gedehnt sind (pg. 565), wesshalb denn auch gelähmte Muskeln (die doch den nervösen Tonus verloren haben müssten), ganz dasselbe zeigen. Auch die stärkere Contraction gewisser Muskeln nach Lähmung ihrer Antagonisten, ferner die Verziehung des Gesichtes nach der gesunden Seite nach einseitiger Facialislähmung hat man für den Tonus angeführt. Allein diese rühren einfach daher, dass nach der Thätigkeit der intacten Muskeln es an Kräften fehlt, die betreffenden Theile wieder in die normale mittlere Ruhelage zurückzuführen. Gegen die Annahme einer tonischen Contraction spricht auch folgender Versuch von Auerbach und Heidenhain. Versetzt man bei einem decapitirten Frosche die Unterschenkelmuskeln einer Seite in Spannung, so verlängern sich die Muskeln nicht nach Durchschneidung des Hüftnerven, oder nach Lähmung desselben durch Betupfung von Ammoniak oder Carbolsäure.

Ein Tonus quergestreifter Muskeln existirt nicht.

Bringt man jedoch einen decapirten Frosch durch Aufhängen in eine abnorme Lage, so beobachtet man, dass wenn auf einer Seite der Hüftnerv oder die hinteren Wurzeln der Nerven dieser Extremität durchschnitten werden, dass dann auf dieser Seite das Bein schlaff niederhängt, während es auf der intacten Seite leicht angezogen gehalten wird. Die sensiblen Nerven

Brondgeest's sogenannter Reflextonus.

des niederhängenden Beines werden durch das Gewicht des letzteren dauernd in leichte Reizung versetzt, so dass hierdurch ein leichtes reflectorisches Aufwärtsziehen des Beines statthat, welches unterbleibt, sobald die sensiblen Nervenfasern des Beines gelähmt sind. Will man das besagte leichte Anziehen als Tonus bezeichnen, so ist also letzterer als „Reflextonus" zu kennzeichnen (Brondgeest). [Man vergleiche hiermit den Versuch von Ludwig und Cyon, pg. 695.]

365. Erregbarkeit des Rückenmarkes.

Unerregbarkeit auf mechanische und elektrische Reize.

1. Das Rückenmark zeigt die merkwürdige Eigenthümlichkeit, dass die meisten seiner Leitungsbahnen und Ganglien gegen directe elektrische und mechanische Reize völlig reactionslos sind.

Werden diese Reize auf die blossgelegte weisse oder graue Substanz vorsichtig applicirt, so erfolgt weder eine Bewegung, noch auch eine Gefühlswahrnehmung (Brown-Séquard, Schiff, van Deen, Huizinga, Mumm, Sigm. Mayer; bestritten von Ad. Fick und Engelken, Gianuzzi). Man hat sich bei Anstellung dieser Versuche sorgfältigst zu hüten, die eintretenden Wurzeln der Rückenmarksnerven zu reizen, da diese natürlich auf die Reize reagiren und Empfindungen, sowie auch reflectorische Bewegungen einerseits, ferner auch direct erregte Bewegungen andererseits hervorrufen. Da das Rückenmark somit zwar wohl die ihm von den gereizten hinteren Wurzeln zugebrachten Reize zum Gehirne fortleitet, selbst aber auf Gefühlsempfindungen hervorrufende Reize nicht zu reagiren vermag, so hat man dasselbe als ästhesodisch (Empfindungen leitend) bezeichnet. Weiterhin, da dasselbe in gleicher Weise zwar die entweder willkürlich oder reflectorisch erregten Bewegungen durch seine Bahnen zu leiten vermag, ohne jedoch selbst für direct applicirte motorische Impulse empfänglich zu sein, ist es kinesodisch (Bewegungen leitend) genannt worden (Schiff).

Reizbarkeit der Vasomotoren.

2. Die vom vasomotorischen Centrum durch das Rückenmark abwärts verlaufenden Vasoconstrictoren sind innerhalb desselben durch alle Reize erregbar: die directe Reizung jedes Rückenmarksquerschnittes verengt alle abwärts innervirten Gefässe (C. Ludwig und Thiry). In gleicher Weise sind reizbar die im Rückenmarke aufsteigenden, auf das vasomotorische Centrum pressorisch wirkenden Fasern (C. Ludwig und Dittmar). pg. 715. 10.

Reizbarkeit gegen chemische Reize.

3. Gegen chemische Reize (Bestreuen mit Kochsalzpulver oder Benetzung der Schnittflächen mit Blut) scheint das Rückenmark empfänglich zu sein.

Reizung der Centra.

4. Die motorischen Centra sind direct erregbar durch Erstickungsblut, sowie auch durch über 40° erhitztes; — ebenso durch einige Gifte.

Bei Versuchen hierüber muss das Rückenmark z. B. am letzten Brustwirbel gegen 20 Stunden vorher durchtrennt sein, damit sich dasselbe von der Erschütterung erholt hat. Auch sind am unteren Theile (um etwaige Reflexbeeinflussungen abzuschneiden) die hinteren Wurzeln vorher zu durchtrennen. Wird bei einer so vorgerichteten Katze Dyspnoe erregt, oder deren Blut überhitzt, so treten im Bereiche des unteren Marktheiles Streckkrämpfe, Gefässcontraction, Schweisssecretion, Entleerung der Blase, des Mastdarmes ein, sowie Bewegung des Uterus und der Samenleiter. Aehnlich wirkt die Verabreichung mancher Gifte (wie Pikrotoxin) (Marshall

Hall, Luchsinger, v. Schroff). Bei Thieren mit abgetrennter Medulla oblongata werden sogar auf solche Weise rhythmische Athembewegungen hervorgerufen, wenn das Rückenmark durch Strychningaben oder Hitzeeinwirkung vorher hoch erregbar gemacht war (P. v. Rokitansky, v. Schroff jun.).

Erwähnung bedarf noch die merkwürdige Thatsache, dass nach einseitiger Durchschneidung des Rückenmarkes, oder auch allein der Hinter- und Seitenstränge, Hyperästhesie unterhalb des Schnittes auf derselben Seite eintritt, so dass Kaninchen schon bei einem leisen Druck auf die Zehen laut schreien. Die Erscheinung kann gegen 3 Wochen anhalten und kann dann einer normalen oder subnormalen Empfindlichkeit Platz machen. Die gesunde Seite zeigt dauernd Herabsetzung der Empfindlichkeit. — Eine analoge Erscheinung zeigt sich nach Durchschneidung der Vorderstränge, nämlich eine grosse Neigung zu Zuckungen in den Muskeln unterhalb des Schnittes (Hyperkinesie) (Brown-Séquard).

366. Leitungsbahnen im Rückenmarke.

Localisirte Tast-empfindung.

1. Die localisirte Tastempfindung (Temperatur-, Druckwahrnehmung) und das Muskelgefühl wird geleitet durch die hintere Wurzel, sodann in die Ganglien des Hinterhornes, endlich von hier im Seitenstrange derselben Seite aufwärts.

Durchschneidung einzelner Theile des Seitenstranges hebt diese Empfindungen für eizelne zugehörige Hautterrains auf; totale Durchschneidung auf einer Seite hat denselben Erfolg für die ganze Körperseite unterhalb des Schnittes. Der Zustand des aufgehobenen Tast- und Muskelgefühles wird Anästhesie genannt. [Frühere Forscher nahmen als Bahn dieser Leitung die Hinterstränge an, doch ist für das Kaninchen im unteren Dorsaltheile der Seitenstrang hierfür von C. Ludwig und Woroschiloff ermittelt.]

Localisirte willkürliche Bewegung.

2. Die localisirte willkürliche Bewegung wird abwärts geleitet durch den Seitenstrang [nach früheren Forschern durch den Vorder- und Seitenstrang] (C. Ludwig und Woroschiloff). In der betreffenden Höhe des Rückenmarkes tritt die Leitung zuerst in die Ganglien des Vorderhornes und von diesen in die betreffende Vorderwurzel.

Auch diese Leitung bleibt auf derselben Seite. Partielle Durchschneidungen im Seitenstrange heben die willkürliche Bewegung einzelner entsprechender Muskeln unterhalb des Schnittes auf. — Wegen der Leitung 1. und 2. ist es erklärlich, dass die Seitenstränge von unten an aufwärts successive an Dicke und Faserreichthum zunehmen.

Wohl-geordneter Reflex.

3. Der tactile (ausgebreitete wohlgeordnete) Reflex. Die Fasern treten durch die hinteren Wurzeln ein und sodann zu den Ganglien der Hinterhörner. Wahrscheinlich stehen weiterhin die Gangliengruppen, welche den wohlgeordneten Reflex beherrschen, in Verbindung durch Fasern, welche innerhalb der weissen Hinter- (? und Vorder-) Stränge verlaufen. Von den motorischen Ganglien endlich treten die Fasern für die erregten Muskeln natürlich durch die vorderen Wurzeln aus.

Störungen in der atactischen Form der Tabes.

Die atactische Tabes dorsalis, bei welcher eine graue Entartung der Hinterstränge angetroffen wird, ist gerade durch eine charakteristische Bewegungsstörung bemerkenswerth. Die willkürlichen Bewegungen können zwar mit voller Kraft ausgeführt werden, allein es fehlt denselben durchaus die feine harmonische Abstufung nach Intensität und Extensität, welche durch den wohlgeordneten Reflexmechanismus geleitet wird. Der Befund bei den Tabetikern spricht eben dafür, dass in den Hintersträngen Verbindungen für die verschiedenen grauen Centren vorhanden sind, welche die wohlgeordneten Reflexe beherrschen. Da die Fäden der hinteren Wurzeln die weissen Hinterstränge durchsetzen, so ist es erklärlich, dass auch Störungen in der Gefühlssphäre während der Entartung dieser Theile auftreten (Charcot und Pierret). Aber auch die hinteren Wurzeln selbst werden von der Entartung mitbefallen und auch ihr Ergriffensein vermag die Störungen in der Gefühlssphäre zu erklären. Letztere können theils in einer abnormen Steigerung der Tast- oder Schmerzempfindungen bestehen verbunden mit lancinirenden Schmerzen, theils können dieselben bis zur Tast- oder Schmerzempfindungslosigkeit beeinträchtigt sein. Zugleich ist die Gefühlswahrnehmung stumpf (Taubsein, Pelzigsein, Gefühl der Formication, oder Constriction) und oft verlangsamt (pg. 655). Auch das Gefühl der Muskeln, Gelenke und innerer Theile ist alterirt. Es ist einleuchtend, dass ein derartiges Leiden der sensiblen Sphäre ebenfalls das Ebenmass der Bewegungen wesentlich stören muss (vgl. Rückenmarksnerven pg. 695).

Hemmung des tactilen Reflexes.

4. Die Hemmung des tactilen Reflexes erfolgt durch die Bahn der Vorderstränge; in dem betreffenden Markniveau tritt die Leitung aus dem Vorderstrang in die graue Substanz hinein, um sich mit den Leitungen des Reflexapparates zu verbinden.

Schmerzempfindung.

5. Die Leitung der schmerzhaften Empfindungen geschieht durch die Hinterwurzeln und von da durch die ganze graue Substanz.

Wird die graue Substanz durchschnitten bis auf eine nur kleine übriggebliebene Verbindungsstelle, so genügt diese allein schon, die Schmerzempfindungen aufwärts zu leiten. Nur soll nach Schiff in diesem Falle die Leitung verlangsamt sein. Erst wenn die graue Substanz total durchtrennt ist, hört jede Schmerzempfindung von den unterhalb belegenen Körpertheilen auf. Es entsteht so der Zustand der Analgesie, bei welchem (wenn die Seitenstränge intact sind) die Tastempfindungen noch bestehen. Man beobachtet denselben Zustand nicht selten bei Menschen in der unvollkommenen Chloroformnarkose. Da dieses Gift eher die die Schmerzempfindungen vermittelnden Nerven betäubt, als die Tastnerven, so behaupten die Operirten, sie hätten wohl den operativen Eingriff als Tastempfindung (als Druck u. s. w.) wahrgenommen, aber nicht als Schmerz (Schiff). — Da die Schmerzleitung überall durch die ganze graue Substanz stattfindet, da ferner die Schmerzerregung um so weiter sich innerhalb der grauen Substanz ausbreitet, je intensiver der schmerzhafte Eingriff ist, so erklärt sich die sogenannte Irradiation der Schmerzempfindungen. Bei heftigen Schmerzen scheint nämlich vom Orte der Einwirkung der Schmerz auf grössere Terrains auszustrahlen, so z. B. irradiirt bei heftigem Zahnschmerze, der von einem bestimmten Zahne ausgeht, alsbald der Schmerz auf die ganze Kiefergegend, ja selbst bis über die ganze Kopfhälfte.

Analgesie. *Irradiation der Schmerzen.*

Unwillkürliche Krampfbewegung.

6. Die Leitung der krampfartigen, unwillkürlichen, uncoordinirten Bewegungen geschieht durch die graue Substanz; von letzterer überall durch die vorderen Wurzeln.

Sie findet z. B. statt bei der Fallsucht (Epilepsie), bei welcher die Reizung oft von der Medulla oblongata ausgeht. Auch die anämischen und dyspnoischen Krämpfe werden vom verlängerten Mark durch die ganze graue Substanz abwärts geleitet.

7. Die Leitung des ausgebreiteten Reflexkrampfes findet von den hinteren Wurzeln zu den Ganglien der Hinter- und sodann der Vorderhörner und endlich in die vorderen Wurzeln statt, und zwar unter den Bedingungen, welche bei der Besprechung dieser Reflexform bestimmt wurden (vgl. pg. 704. 2). *Reflexkrampf.*

8. Die Hemmung des pathischen Reflexes erfolgt durch den Vorderstrang abwärts und sodann in die graue Substanz zu den Verbindungsbahnen der Reflexorgane, in welche hinein dieselben Widerstände übertragen. *Hemmung des pathischen Reflexes.*

9. Die Vasomotoren verlaufen durch die Seitenstränge und verlassen, nachdem sie in der entsprechenden Höhe in Ganglien der grauen Substanz eingetreten sind, das Rückenmark durch die vorderen Wurzeln. Weiterhin treten sie an den muskelhaltigen Gefässen entweder einfach durch die Bahn der Spinalnerven oder durch die Rami communicantes in den Sympathicus und von diesem zu den Gefässgeflechten. *Vasomotoren.*

Durchschneidung des Rückenmarkes lähmt alle Vasomotoren unterhalb dieses Schnittes; Reizung des peripheren Rückenmarkstumpfes bewirkt umgekehrt Contraction aller jener Gefässe.

10. Pressorisch wirkende Fasern treten durch die hinteren Wurzeln ein, laufen dann im Seitenstrange empor und erleiden eine unvollkommene Kreuzung (C. Ludwig und Miescher). *Pressorische Fasern.*

Ihr endlicher Zielpunkt ist das dominirende Vasomotorencentrum in der Medulla oblongata, welches sie somit reflectorisch anregen. — Analog wirksame depressorische Fasern müssen zwar auch im Rückenmarke ihre Leitung haben, doch ist über dieselben nichts ermittelt.

11. Vom Athmungscentrum im verlängerten Marke laufen abwärts in den Seitensträngen derselben Seite die Athemnerven, welche, ohne vorher noch zu Ganglien der grauen Substanz zu treten (?), durch die vorderen Wurzeln in die motorischen Nerven der Athmungsmuskeln übertreten. *Athemnerven.*

Einseitige oder totale Durchschneidungen des Rückenmarkes höher und höher hinauf lähmen demgemäss successiv stets höher entspringende Athmungsnerven derselben oder beider Seiten. Durchtrennung oberhalb der Phrenicusursprünge wirkt allein schon wegen der Lähmung dieser vornehmsten Inspiratoren tödtlich (pg. 221).

In pathologischen Fällen, bei Entartungen oder directen Verletzungen des Rückenmarkes oder einzelner Theile desselben, ist darauf zu achten, inwiefern Störungen der dargelegten physiologischen Verhältnisse auftreten. Hierbei ist besonders zu beachten, dass nicht selten Reizerscheinungen und Lähmungserscheinungen in dicht benachbarten Rückenmarkstheilen neben einander vorkommen können, wodurch die Analyse des Krankheitsbildes erschwert wird. *Pathologisches.*

Das Gehirn.

367. Allgemeines Schema des Gehirnbaues.

Für einen in so hohem Grade verwickelten Bau, wie den des Hirnes, ist es von der grössten Bedeutung, dass man sich über den Grundriss desselben, wenn auch nur in kurzer Skizze, orientire. Es ist ein grosses Verdienst von Meynert, einen derartigen brauchbaren Orientirungsplan auf Grund eingehender Forschungen vorgezeichnet zu haben. Auch wir legen denselben mit Berücksichtigung der durch neuere Arbeiten gelieferten Ergänzungen und Berichtigungen unserer Besprechung zu Grunde. Und wenn auch weitere Forschungen in dem labyrinthischen Wunderbau noch andere Wege und Bahnen auskundschaften, so bleibt nichtsdestoweniger der Werth des leitenden Grundrisses erhalten.

Rindengrau. Die Rinde des Grosshirns besteht aus dem windungs- und furchenreichen „peripheren Grau“ (C). Dasselbe gibt sich schon durch das Vorhandensein zahlreicher Ganglienzellen als nervöses Centralorgan zu erkennen (pg. 700). Von diesem gehen aus alle von der Psyche (Wille, Vorstellung) erregbaren Bewegungsfasern, — ebenso treten zu ihm hin alle von den Sinneswerkzeugen und den sensiblen Organen herkommenden Fasern, welche die psychische Wahrnehmung äusserer Eindrücke vermitteln. — Diese sämmtlichen (theils corticipetalen, theils corticifugalen) Bahnen nehmen einen, im Allgemeinen gegen das Centrum je einer Hirnhalbkugel gerichteten convergenten Verlauf, woselbst die grossen centralen Hirnganglien belegen sind [Corpus striatum (C. s.), Nucleus lentiformis (N. l.), Thalamus opticus (T. o.) und Corpora quadrigemina (v)]. Einige der Fasern laufen an denselben vorbei, viele senken sich jedoch in dieses „centrale Hirngrau“ ein. Das benannte Fasersystem, welches innerhalb der Kugelmasse der Hirnsubstanz eine radiäre Anordnung hat, heisst die „Stabkranz-Faserung“ oder das „Projectionssystem I. Ordnung“.

Centrale Hirnganglien.

Projectionssystem I. Ordnung.

Commissuren und Associationsfasern. Ausser diesen enthält die weisse Substanz noch zwei andere Fasergruppen, nämlich a) die Commissurenfasern [Balken und vordere Commissur (c. c.)], welche beide Halbkugeln mit einander verbinden, und b) die Associationsfasern, wodurch verschiedene Rindengebiete derselben Seite verknüpft werden (a. a.).

Die zellenreichen grauen mächtigen Massen der centralen Hirnganglien bilden für eine grosse Zahl der Fasern des Projectionssystemes I. Ordnung die erste Etappe ihres Verlaufes. Indem sie in diese Centralherde eintreten, erleiden sie einmal eine Unterbrechung ihrer Bahn, sodann aber wird hier eine Reduction der Anzahl der Stabkranzfasern vorgenommen.

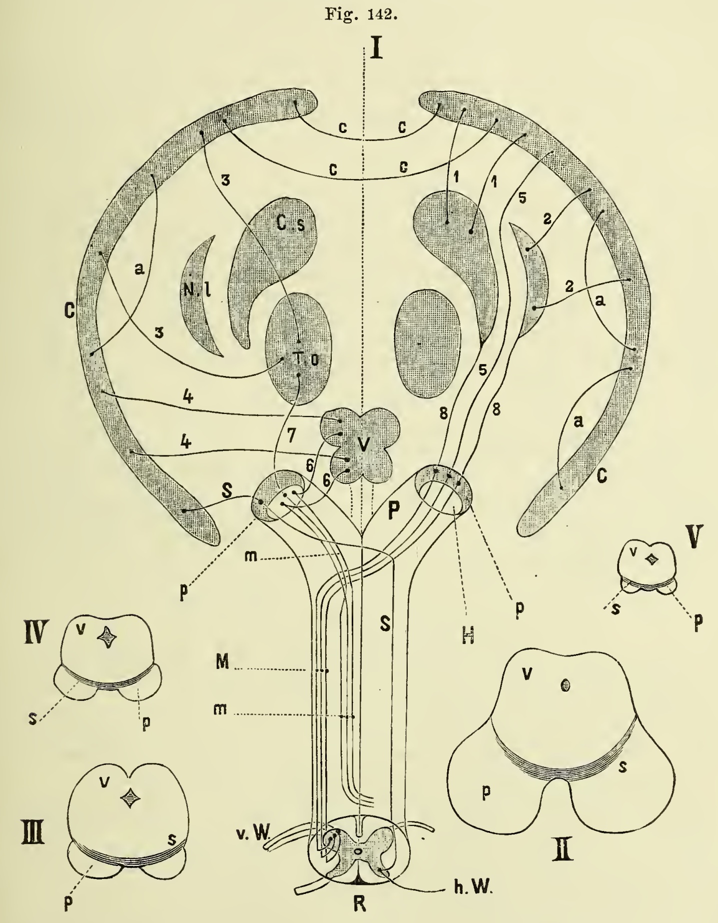
Im Einzelnen ist nach Meynert das Verhältniss der Stabkranzfasern zu den grossen Centralganglien das folgende: Die gesammte Fasermasse des Stabkranzsystemes spaltet sich im Allgemeinen in so viele Bündel, als jederseits Ganglien vorhanden sind. Es findet sich also ein Stabkranzsystem des Streifenhügels (1, 1), ein solches des Linsenkernes (2, 2), ferner des Thalamus (3, 3), sowie auch der Vierhügel (4, 4).

Projectionssystem II. Ordnung. Von den grossen Centralganglien entwickelt sich nun weiterhin abwärts ziehend das Projectionssystem II. Ordnung, dessen longitudinale Faserzüge ihr vorläufiges Ende erreichen in dem sogenannten „centralen Höhlengrau“. Dieses ist die zellenreiche graue Substanz, welche sich erstreckt vom 3. Ventrikel durch den Aquaeductus Sylvii, die Rautengrube bis zum untersten Theile der grauen Substanz des Rückenmarkes. Es ist dies also die graue Masse, welche das „Medullarrohr“ im Innern erfüllt. Sie stellt zugleich die zweite Etappe des Faserverlaufes dar: es reicht demnach das Projectionssystem zweiter Ordnung von den grossen Centralganglien des Hirnes abwärts bis zum centralen Höhlengrau. Die Fasern dieses Systemes müssen offenbar von sehr verschiedener Länge sein: einzelne Züge endigen nämlich im centralen Höhlengrau schon oberhalb der Medulla oblongata (Oculimotoriusursprung), andere reichen bis zum Niveau des letzten Spinalnerven. Das centrale Höhlengrau bildet zunächst eine Unterbrechungsmasse der Faserzüge, sodann aber findet

hier wiederum eine Vermehrung der Fasern statt, denn von der grauen Substanz des verlängerten und des Rückenmarkes treten weiterhin peripherisch viel mehr Fasern aus, als von oben aus den centralen Hirnganglien derselben zugeschickt worden sind.

Was nun speciell die Fasergruppirnng dieses Projectionssystemes zweiter Ordnung anbetrifft, so nimmt Meynert an, dass die vom Linsenkern und

Fig. 142.



I Schema des Gehirnbaues: *C*. *C* Hirnrinde, — *C*.*s* Corpus striatum, — *N*.*l* Nucleus lentiformis, - *T*.*o* Thalamus opticus, — *V* Vierhügel, — *P* Pedunculus cerebri, *H* Haube und *p* Fuss desselben, — 1.1 Stabkranzfasern des Corpus striatum, — 2.2 die des Linsenkernes, — 3 die des Sehhügels, — 4.4 die der Vierhügel, — 5 directe Züge zur Hirnrinde (Flechsig), — 6.6 Fasern von den Vierhügeln zur Haube, — 7 Fasern vom Sehhügel zur Haube, *m* weiterer Verlauf derselben, — 8.8 Fasern vom Streifenhügel und Linsenkern zum Fuss des Pedunculus cerebri, *M* weiterer Verlauf derselben. *Ss* Verlauf der sensiblen Fasern. — *R* Querschnitt des Rückenmarkes, *v*. *W* vordere, und *h*. *W* hintere Wurzel. - *a*.*a* Associationsfasern, — *c*.*c* Commissurenfasern. — — *II* Querschnitt durch das hintere Vierhügelpaar und die Pedunculi cerebri vom Menschen (nach Meynert): *p* der Fuss des Pedunculus, *s* die Substantia nigra. *v* die Vierhügel mit dem Querschnitt des Aquaeductus. — *III* dasselbe vom Hunde, — *IV* ebenso vom Affen, — *V* ebenso vom Meerschweinchen.

Streifenhügel niedersteigenden Fasern (8, 8) zu einer besonderen Bahn sich gruppiren, welche durch den Fuss (p) des Pedunculus cerebri abwärts in das Rückenmark verlaufen (M), wo sie dann in bestimmten Niveaux durch die vorderen Wurzeln (v. W.) austreten. — In gleicher Weise geht auch vom Thalamus (7) und den Vierhügeln (6, 6) ein Bündel hervor, welches durch die Haube (H) des Pedunculus cerebri niedersteigt. Beide Fasergruppen (die im Fusse und die in der Haube) vereinigen sich erst unten am Rückenmarke. Die Bahn, welche durch den Hirnschenkel-Fuss verläuft, soll nach Meynert die willkürlichen Bewegungen leiten. Während aber dieser Forscher diese willkürlichen Bewegungsfasern alle durch den Linsenkern und Streifenhügel hindurchziehen lässt (so dass Zerstörung dieser Bahn Hemiplegie setzt, d. h. Lähmung der **willkürlichen** Bewegungen auf der **entgegengesetzten** Körperhälfte), ist neuerdings Flechsig für die Leitungsbahnen willkürlicher Bewegungen mit einer anderen Darstellung hervorgetreten. Nach ihm verlaufen die von ihm beschriebenen Pyramidenbahnen (vgl pg. 702) durch die Medulla oblongata, durch die Brücke und den Fuss des Gehirnschenkels weiterhin (5, 5) direct durch die Capsula interna (weisse Masse zwischen Streifenhügel und Linsenkern) in das Centrum semiovale der Hemisphäre und zwar vornehmlich zu dem als motorisch ermittelten Gebiete der Rinde der Centralwindungen. Auf diesem ganzen Verlauf sollen sie nicht von Ganglien (also auch nicht von denen des Streifenhügels und Linsenkernes) unterbrochen werden. Hiernach würde diese psychomotorische oder corticimusculäre Bahn von den motorischen Bezirken der Hirnrinde ununterbrochen zu den Ganglien der Vorderhörner und von hier zu den vorderen Wurzeln der Spinalnerven reichen. — Die Faserzüge, welche vom Thalamus und den Vierhügeln durch die Haube des Hirnschenkels ziehen (6, 6 und 7), stellen nach Meynert Reflexbahnen dar; es wären hiernach die genannten Hirnmassen die Centra gewisser ausgebreiteter geordneter Reflexe. Dies beweist die Thatsache, dass nach Zerstörung der willkürlichen Bewegungsbahnen bei Thieren die technische Vollkommenheit der Bewegungen, soweit dieselbe durch reflectorische Auslösung erreicht wird, intact bleibt. Die genannten Faserzüge laufen im Rückenmarke zunächst auf derselben Seite (m) abwärts, kreuzen sich aber sehr wahrscheinlich unten im Rückenmarke selbst.

Bahn der willkürlichen Bewegungsfasern.

Reflexbahn im Projectionssystem II. Ordnung.

Verlauf der sensiblen Bahnen.

Die sensiblen Bahnen, welche die bewusste Empfindung vermitteln, laufen [eintretend durch die hinteren Wurzeln (h. W.)] aufwärts (S), dann durch den Fuss des Grosshirnschenkels, nachdem sie in der oberen Pyramidenkreuzung auf die andere Seite hinübergetreten sind, und treten sodann (S) (mit Umgehung der grossen centralen Gehirnganglien) in die Grosshirnrinde ein.

Projectionssystem III. Ordnung.

Endlich tritt aus dem gesammten centralen Höhlengrau eine Kategorie von Fasern, die als das Projectionssystem III. Ordnung bezeichnet werden. Dieses sind die peripheren Nerven, die sensiblen und die motorischen. Sie zeigen in ihrer Gesammtheit eine Vermehrung von Fasern gegenüber der Menge der Fasern im Projectionssystem zweiter Ordnung.

Das Kleinhirn und seine Verbindungen.

Ein besonderes Centralorgan sui generis stellt das Kleinhirn dar, welches graue Substanz theils als Rindenbelag, theils in inneren Anhäufungen enthält. Das Kleinhirn verbindet sich mit dem Grosshirn: 1. durch den Bindearm (er entsteht aus Fasern des Stabkranzsystemes, geht dann über in die Haube und gewinnt nach totaler Kreuzung das Kleinhirn) und 2. durch die Crura cerebelli ad pontem und vom Pons durch den Grosshirnschenkel zur Hemisphäre. Es verbindet sich aber auch das Kleinhirn mit dem Rückenmarke und zwar: 1. mit dessen Hinterstrang (Funiculus cuneatus und gracilis) und 2. mit dessen Vorderstrang (Corpus restiforme). Beide Hälften sind durch die mächtigen transversalen Comissurenfasern der Brücke in Verbindung gesetzt.

Ernährungsgebiete der Gehirn-Gefässe.

Beachtung verdient endlich vom praktischen Gesichtspunkte aus noch die Blutgefässvertheilung am Hirne. Die Arteria fossae Sylvii versorgt die motorischen Gebiete der Rinde bei Thieren, (beim Menschen wird der Lobulus praecentralis von der Art. cerebralis antica versorgt) (Duret). Die für die Sprachfunction wichtige Region der dritten Stirnwindung wird constant von einem besonderen Ast der A. fossae Sylvii ernährt. Jene Bezirke des

Stirnlappens, deren Verletzung nach Ferrier Störungen der Intelligenz hervorrufen soll, versorgt die Art. cerebralis anterior. Diejenigen Rindengebiete, deren Läsion nach Ferrier Hemianästhesie bedingt, durchrieselt die A. cerebralis posterior. Isolirte Anämien dieses Gebietes stehen zu melancholischen Zuständen beim Menschen in Beziehung.

Kreuzung aller Fasern des Projectionssystems II. Ordnung.

Die sämmtlichen Fasern, welche längs verlaufend das Rückenmark mit der Markmasse des Gehirnes verbinden, erleiden auf diesem Verlaufe eine vollständige Kreuzung. Daher ist beim Menschen Folgezustand einer destructiven Affection einer Hemisphäre die vollkommene Lähmung und Aufhebung der Empfindung der entgegengesetzten Körperseite.

Nur in den, allerdings nicht seltenen Fällen, in denen das Leiden (etwa durch Druck, Entzündung u. s. w.) die an der Basis liegenden Gehirnnerven in Mitleidenschaft gezogen hat, kommen auch Lähmungen und Anästhesien an derselben Kopfseite zur Beobachtung.

Alternirende Hemiplegie.

Das Genauere über die Stelle der Kreuzung ist im Vorstehenden mitgetheilt: sie findet 1. im Rückenmarke, 2. in der Oblongata, und endlich 3. noch im Pons statt. In den Pedunculis ist die Kreuzung bereits erfolgt. Gubler sah bei einseitigen Verletzungen der Brücke Lähmung des Facialis auf derselben Seite, jedoch Lähmung der entgegengesetzten Körperhälfte. Hieraus schloss er, dass die Rumpfnerven vor der Brücke, die Facialisfasern innerhalb der Brücke sich kreuzen müssen. (Diese seltenen Fälle nennt er „alternirende Hemiplegie".)

Ausnahmen von der Kreuzung.

Ausnahme von der Kreuzung macht der N. olfactorius, der sich gar nicht kreuzt, und der N. opticus, der sich nur theilweise peripherisch kreuzt (pg. 664). — Vom Trochlearis nehmen Einige an, dass seine Ursprungsfasern sich kreuzten; dann aber solle er sich peripherisch abermals kreuzen, wodurch die Ursprungskreuzung aufgehoben würde. Diese periphere Kreuzung existirt jedoch nicht (pg. 666). — Nach Flechsig sollen unter individuellen Schwankungen auch einige Fasern der Pyramidenbahnen sich nicht kreuzen.

368. Das verlängerte Mark.

Allgemeine Uebersicht.

Die Medulla oblongata, welche das Rückenmark mit dem Gehirne in Verbindung setzt, hat in mancher Beziehung mit dem ersteren noch Aehnlichkeit, namentlich darin, dass in demselben Centra vorhanden sind, welche den Rückenmarkscentren ähnlich einfache Reflexe (z. B. des Lidschlusses) vermitteln. — Weiterhin finden wir in derselben jedoch Centra, welche eine dominirende Stellung zu analog wirksamen Centren des Rückenmarkes einnehmen: hierher gehört z. B. das dominirende Vasomotoren-, das Schweisssecretions-, das Pupillenerweiternde, das die Reflexbewegungen des Körpers verknüpfende Centrum. — Rücksichtlich der Erregung treffen wir theils reflectorisch wirksame (vgl. pg. 704), theils automatische Centra (vgl. pg. 700, 3) an. — Die normale Function der Centra ist gebunden an den durch die normale Circulation in der Oblongata unterhaltenen Gaswechsel. Wird dieser durch Erstickung, oder plötzliche Anämie, oder venöse Stauung unterbrochen, so gerathen die Centra zuerst in den Zustand gesteigerter Erregung, dann erlahmen sie durch Ueberreizung. Auch die Ueberhitzung wirkt als Reiz

auf dieselben ein. Nicht alle Centra sind zu gleicher Zeit und unter gleicher Erregbarkeit thätig. Im normalen Körper sind in fortwährend rhythmischer Thätigkeit das Athmungscentrum und das Vasomotorencentrum. Das Herzhemmungscentrum ist bei einigen Thieren dauernd gar nicht erregt, bei einigen erfolgt normalmässig nur im Inspirium (gleichzeitig mit der Anregung des Athmungscentrums) eine sehr geringe Anregung. Gar nicht erregt wird im Normalzustande das Krampfcentrum, und während des intrauterinen Lebens das Athmungscentrum. — Die Medulla oblongata ist als Sitz vieler für des Bestehen des Lebens wichtiger Centra, sowie der Leitung verschiedener Nervenbahnen von der grössten Bedeutung. — Im Folgenden wird über die Einzelheiten gehandelt: es sollen zuerst die Reflexcentra, sodann die automatischen besprochen werden.

369. Reflexcentra der Medulla oblongata.

In der Medulla oblongata befindet sich eine Anzahl von Reflexcentren, welche geordnete Bewegungen zur Auslösung gelangen lassen.

Lidschluss-Centrum.

1. Centrum des Lidschlusses. Die sensiblen Trigeminusfasern der Cornea, der Conjunctiva, sowie der Haut in Umgebung des Auges leiten centripetal die empfangenen Reize zur Medulla oblongata, woselbst sie auf die motorische Bahn des Facialiszweiges übertragen wird, der den Orbicularis palpebrarum innervirt.

Der reflectorische Lidschluss erfolgt stets doppelseitig; willkürlich kann er auch einseitig ausgeführt werden. Bei starker Reizung ziehen sich auch noch der Corrugator, ferner die Muskelgruppe, welche die Nase und die Wange gegen den unteren Augenhöhlenrand emporzieht, zur Bildung eines festeren Schutzes und Verschlusses des Auges zusammen. Auch intensive Lichtreizung der Netzhaut bewirkt den Lidschluss.

Nies-Centrum.

2. Centrum des Niesens. Die centripetale Leitung liegt in den inneren Nasenästen des Trigeminus und wohl auch im Olfactorius (für intensive Gerüche), die motorische Bahn leitet zu den Exspirationsmuskeln (pg. 233, 3 und pg. 672, 1). Das Niesen kann nicht willkürlich erfolgen.

Husten-Centrum.

3. Centrum des Hustens, nach Kohts etwas oberhalb des Inspirationscentrums belegen, wird centripetal erregt durch die sensiblen Vagusäste (vgl. pg. 685). Die centrifugalen Fasern sind die Exspirationsnerven einschliesslich der Verengerer der Glottis (pg. 233, 1).

4. Centrum der Saug-, sowie auch der Kaubewegungen. Die centripetalen Nerven sind die sensiblen Aeste der Mundhöhle mit Inbegriff der der Lippen (2. und 3. Ast des Trigeminus und Glossopharyngeus). Die motorischen Nerven für die Saugbewegung (pg. 277) sind der Facialis (Lippen), der Hypoglossus (Zunge), der 3. Ast des Trigeminus

(Unterkieferheber) und die Aeste der Niederzieher des Unterkiefers (pg. 278, b). — Für die Kaubewegung (pg. 277) wirken zwar dieselben Muskelnerven, aber zur Schaffung der Speisen zwischen die Zahnreihen sind namentlich der Hypoglossus für die Zungenbewegung und der Facialis für die des Buccinator thätig.

5. Zu den reflectorisch erregten Centren gehört auch das Speichelcentrum, welches am Boden des 4. Ventrikels liegt; (Eckhard, vgl. pg. 269). Reizung der Oblongata bewirkt bei erhaltener Chorda tympani starke Speichelsecretion, — eine schwächere, wenn diese durchschnitten ist, — endlich gar keine mehr, wenn auch der Halssympathicus durchschnitten wurde (Grützner).

Schon früher beobachtete Eckhard nach Ausführung des Zuckerstiches (pg. 315) das Auftreten von Salivation. Ebenso hatte Nöllner schon vordem beobachtet, dass einseitige Verletzung des Bodens der 4. Hirnhöhle Salivation beider Submaxillardrüsen und der Parotis derselben Seite hervorrufe, was Külz bestätigte. Vielleicht handelt es sich in diesen Versuchen um mechanische Reizung, welche die Verletzung mit sich bringt.

6. Das Centrum für den Schlingact (pg. 283) wird erregt durch die sensiblen Mund-, Gaumen- und Rachennerven (2. und 3. Ast des Trigeminus, Glossopharyngeus und Vagus). Die centrifugale Bahn liegt in den motorischen Aesten des Schlundgeflechtes (pg. 685, 4).

7. Centrum der Brechbewegung siehe pg. 288; — über die Beziehungen gewisser Vagusäste zum Erbrechen ist pg. 684 und 689, 11 berichtet.

8. Das dominirende Centrum für den M. dilatator pupillae und die glatten Muskeln der Orbita und der Lider liegt in der Oblongata (Salkowski). Von hier laufen die Fasern theils durch den Trigeminus (pg. 668, 3) theils durch das Rückenmark bis zur Regio ciliospinalis und von da in den Halssympathicus (pg. 697). Das Centrum wird in der Norm reflectorisch durch Beschattung der Netzhaut erregt. Dyspnoetische Blutmischung reizt es direct.

9. Es befindet sich endlich in der Oblongata noch ein übergeordnetes Centrum, welches die verschiedenen Centren der Reflexe im Rückenmark unter einander in Verbindung setzt. Durchschnitt Owsjannikow die Oblongata 6 Mm. oberhalb des Calamus scriptorius (Kaninchen), so blieben die allgemeinen Körperreflexe, an denen zugleich Vorder- und Hinterpfoten Theil nahmen, noch bestehen. Wird der Schnitt 1 Mm. tiefer angebracht, so treten nur noch partiale, örtliche Reflexe ein (vgl. pg. 706, 4). Aufwärts reicht die Stelle bis ein weniges über das untere Drittel der Oblongata.

Lähmung der Ursprungskerne der Nerven der Medulla oblongata.

Pathologisches. Die Medulla oblongata kann der Sitz einer typischen Erkrankung werden, welche als Bulbärparalyse oder Paralysis glossopharyngolabialis (Duchenne 1860) bezeichnet wird, bei welcher es sich um eine fortschreitende Lähmung der bulbären (Bulbus rhachiticus = Medulla

oblongata) Kerne verschiedener Gehirnnerven handelt, welche letztere vielfach die motorischen Abschnitte der vorbesprochenen Reflexapparate darstellen. Von letzterem Gesichtspunkte aus verdient das Krankheitsbild unsere Aufmerksamkeit. Meist bginnt die Krankheit mit Lähmung der Zunge, begleitet von fibrillären Zuckungen, wodurch Sprache, Bissenbildung und das Mundschlingen erschwert sind (pg. 693). Die Absonderung eines sehr viscösen Speichels deutet auf ein Unvermögen zur Absonderung eines dünnflüssigen Facialis-Speichels (pg. 267), in Folge der Lähmung dieses Nerven. Ferner ist das Schlucken erschwert, ja selbst unmöglich durch Lähmung des Schlundes und Gaumens. Durch letztere wird zugleich die Consonantenbildung an der 3. Articulationsstelle erschwert (pg. 610), die Sprache wird ferner nasal (pg. 607) und oft treten, zumal flüssige, Nahrungsmittel bei Schlingversuchen in die Nase. Dann werden auch die Facialiszweige der Lippen gelähmt; der mimische Ausdruck des Mundes ist äusserst charakteristisch „wie von Frost erstart“ (Duchenne) und zugleich, wegen horizontaler Verbreiterung der Mundspalte, (da vorwiegend der Orbicularis oris gelähmt ist), mit einem weinerlichen Zuge ausgestattet. Zugleich wird die Sprache noch mehr beeinträchtigt. In hohen Graden werden alle Gesichtsmuskeln paralytisch. Nicht selten werden weiterhin die Kehlkopfsmuskeln gelähmt, wodurch die Stimmbildung aufgehoben ist und ein leichtes Eindringen von Flüssigkeiten in den Kehlkopf befördert wird. Der oft enorm retardirte Pulsschlag deutet auf eine Reizung der (vom Accessorius stammenden) Herzhemmungsfasern. Treten dann weiter noch dyspnoetische Anfälle, wie sie nach Recurrenslähmung beobachtet werden (pg. 686), oder wie sie nach Durchschneidung der Lungenäste der Vagi constant sind (pg. 688), in die Erscheinung, so kann, wenn diese Anfälle schwerer und häufiger werden, plötzlich der Tod unter asphyctischen Zeichen erfolgen.

Selten gesellt sich zu dem Bilde noch die Lähmung der Kaumuskeln (in Folge Lähmung der motorischen Quintusportion), Verengerung der Pupillen (wegen Lähmung des Dilatatoren-Centrums) und Abducenslähmung.

370. Das Athmungscentrum und die Innervation des Athmungsapparates.

Athmungscentrum.

Schon Legallois hatte erkannt, dass das Athmungscentrum im verlängerten Marke seinen Sitz haben müsse. Flourens bestimmte genauer dessen Lage hinter der Austrittsstelle des Vagus zu beiden Seiten der hinteren Spitze der Rautengrube zwischen dem Vagus- und Accessoriuskern und nannte es den Point oder noeud vital. Das Centrum ist doppelseitig, es lässt sich durch einen Medianschnitt trennen (Volkmann); bei einseitiger querer Durchtrennung erlischt die Athembewegung auf derselben Seite der Verletzung.

Noeud vital.

Anatomisches.

Schiff lässt das Athemcentrum belegen sein nahe dem Seitenrande der grauen Masse, die den Boden des 4. Ventrikels bildet, hinterwärts nicht so weit hinabreichend, als die Ala cinerea. — Nach Giercke und Heidenhain soll derjenige Theil der Oblongata, dessen Zerstörung die Sistirung der Athembewegung nach sich zieht, kein zellenreiches graues Centrum, sondern ein einfacher oder doppelter in der Substanz der Oblongata abwärts ziehender nervenartiger Strang sein. Dieser soll sich zum Theil aus den Wurzeln des Vagus, Trigeminus, Accessorius und Glossopharyngeus bilden (Meynert), mit dem der anderen Seite durch Fasern in Verbindung stehen (Gierke) und bis in die Cervicalanschwellung des Rückenmarkes abwärts ziehen (Goll). Der Strang verbindet also als intercentrales Bündel das Rückenmark (die Ursprungsstätte der motorischen Athmungsnerven) mit den Ursprungskernen der genannten Hirnnerven,

von denen zum Theil ihre Beziehungen zur Athembewegung erwiesen sind. Vielleicht liegt das Athmungscentrum selbst im Rückenmarke (vgl. pg. 713), da wir für ein Centrum ganglienreiche Nervenmasse fordern müssen.

Inspirations- und Exspirations-Centrum.

Das Centrum besteht aus zwei in abwechselnder Thätigkeit begriffenen Centralstellen, dem Inspirations- und dem Exspirations-Centrum, von denen jedes den motorischen Centralpunkt für die bekannte Gruppe der Inspiratoren und der Exspiratoren bildet (pg. 219).

Automatie.

Das Centrum ist ein automatisches, denn noch nach Durchschneidung aller sensiblen Nerven, welche auf dasselbe reflectorisch einwirken können, behält es seine Thätigkeit bei.

Abhängigkeit von dem Gasgehalte des Blutes.

Die Erregbarkeit und die Erregung des Centrums ist von der Blutmischung abhängig und zwar von dem Gehalte desselben an O und CO_2.

In dieser Beziehung unterscheidet man die folgenden Zustände.

Apnoe.

1. Völlige Athmungslosigkeit, Apnoe, d. h. das Ruhen der Respirationsbewegungen wegen mangelnden Bedürfnisses hiezu, findet sich, wenn das Blut mit O beladen und arm an CO_2 ist. Ein Blut von solcher Mischung wirkt auf das Centrum nicht erregend, und eben deshalb ruhen die von ihm beherrschten Muskeln. In diesem Zustande befindet sich der Fötus. Lässt man ferner Thieren reichlich Luft durch künstliche Athmungsvorrichtungen in die Lungen strömen, so hören sie auf zu athmen (Hook 1667), weil die hochgradige Arterialisirung ihres Blutes eine Erregung des Respirationscentrums nicht zulässt. Wenn wir ferner selber durch sehr schnelle und tiefe Athemzüge unserem Blute einen ähnlichen Gasgehalt bereiten, so treten hinterher längere apnoetische Pausen ein.

Apnoische Blutmischung.

A. Ewald fand das Blut in den Arterien apnoetischer Thiere fast völlig mit O gesättigt, dagegen den CO_2-Gehalt darin vermindert; das venöse Blut war ärmer an O, als im normalen Zustande. Letzteres rührt wohl daher, dass die apnoische Blutmischung den Blutdruck bedeutend herabsetzt, in Folge dessen der Blutstrom verlangsamt wird. Es kann daher der O aus dem Capillarblute viel reichlicher entnommen werden (Pflüger). Im Ganzen ist jedoch der O-Verbrauch in der Apnoe nicht vermehrt (vgl. pg. 244, 8).

Eupnoe.

2. Die normale Anregung der Athmungscentren zum ruhigen Athmen (Eupnoe), erfolgt durch eine Blutmischung, in welcher der Gehalt an O und CO_2 die normalen Grenzen nicht übersteigt. (Vgl. pg. 63. ffg.)

Dyspnoe.

3. Alle Momente, welche in dem die Centra durchströmenden Blute den normalen O-Gehalt vermindern und den CO_2-Gehalt vermehren, rufen Beschleunigung und Vertiefung der Athemzüge hervor, die sich schliesslich zu einer angestrengten und mühsamen Thätigkeit aller Respirationsmuskeln steigern kann. Man nennt diesen Zustand Dyspnoe.

Asphyxie.

4. Wirken die besagten Verhältnisse der abnormen Blutmischung anhaltend reizend fort, oder werden dieselben noch

verstärkt, so entsteht schliesslich durch Ueberreizung der Athmungscentra Erschöpfung: die Athmung wird nach Zahl und Tiefe der Bewegungen wieder beschränkt, es erfolgen weiterhin nur noch wenige schnappende Züge, — dann ruhen die erschöpften Muskeln völlig; alsbald erstirbt dann auch die Herzbewegung (pg. 104.) Diesen Zustand nennt man Asphyxie; — an dieselbe schliesst sich der Tod. Können jedoch die Ursachen beseitigt werden, so lässt sich unter günstigen Verhältnissen unter Beihilfe künstlicher Anregung der Athmungsmuskeln und der Herzthätigkeit die Asphyxie überwinden, so dass durch den dyspnoetischen Zustand hindurch, der der Eupnoe wieder erreicht wird. — Wird die Blutmischung nur ganz allmälig mehr und mehr venös, so kann Asphyxie erfolgen, ohne die Zeichen vorausgegangener Dyspnoe, wie beim ruhigen, ganz allmälig erfolgenden Tode. Es handelt sich hier gewissermassen um ein unwirksames „Einschleichen des Reizes“ (vgl. pg. 624).

Ursachen der Dyspnoe.

Unter den Momenten, welche Dyspnoe und Asphyxie erzeugen, sind zu nennen: 1. Directe Beschränkung der Thätigkeit des Athmungsorganes: Verminderung der respiratorischen Fläche durch Entzündungen oder Collaps der Alveolen, Verstopfung der Alveolencapillaren, Compressionen der Lungen, oder Zusammensinken derselben durch Lufteintritt in die Pleurahöhlen, Stenosen der Luftwege. — 2. Absperren der normalen Athmungsluft durch Strangulation, Einschluss in enge Räume, Ertrinken. — 3. Darniederliegen des Kreislaufes, wodurch der Medulla oblongata nicht hinreichendes Blut und somit auch nicht die nöthige Ventilation gespendet wird: bei Entartungen des Herzens, Klappenfehlern, künstlich durch Ligatur der Kopfschlagadern (Kussmaul und Tenner) oder auch durch Behinderung des venösen Abflusses aus der Schädelhöhle (Landois, L. Hermann und Escher). — 4. Directe Blutverluste, die ebenfalls durch die Stockung des Gaswechsels in der Medulla oblongata wirken (J. Rosenthal). Hierher gehört auch das dyspnoetische Luftschnappen der abgeschnittenen Köpfe namentlich junger Thiere.

Verhältniss des O-Mangels und des CO_2-Ueberschusses.

Gewöhnlich wirkt zur Erregung der Dyspnoe gleichzeitig der O-Mangel und die CO_2-Ueberladung (Dohmen u. Pflüger), doch kann auch eines dieser beiden allein die Ursache abgeben. — 1. Dyspnoe aus O-Mangel entsteht beim Athmen im abgesperrten mässig grossen Raume (pg. 253), im luftverdünnten Raume, sowie beim Athmen in indifferenten aber O-freien Gasen. Bei intensiver Ventilation des Blutes mit N oder H kann der CO_2-Gehalt in demselben sogar vermindert sein und der Tod erfolgt dennoch unter den Zeichen der Erstickung (Pflüger). — 2. Dyspnoe aus CO_2-Ueberladung entsteht beim Athmen in CO_2-reichen Gasgemengen (die sich auch bilden bei längerem Athmen im abgesperrten grösseren Raume, oder in reinem O; siehe pg. 253). Es wirken CO_2-reiche Gasgemenge sogar dann Dyspnoe erregend, wenn ihr O-Gehalt noch grösser ist, als der der Atmosphäre (Thiry). Auch selbst das Blut kann so O-reicher gefunden werden, als in der Norm (Pflüger). [Traube und Thiry hatten die CO_2 als das alleinige anregende Agens der Athemthätigkeit angesehen, — Rosenthal den O-Mangel.]

Aehnlichkeit mit der Darmbewegung.

Auf die grosse Uebereinstimmung in der Erregung des Athmungs- und des Darm-Nervensystemes wurde bereits pg. 291 hingewiesen.

Wärmereizung des Athmungscentrums.

Auch durch erhöhte Temperatur kann das Athmungscentrum zu vermehrter Thätigkeit angeregt werden (pg. 400, 3). Dieses findet sogar auch dann statt, wenn allein das Gehirn von wärmerem Blute durchströmt wird, wie es Fick und Goldstein sahen, als sie die freigelegten Carotiden in Heizröhren einbetteten. Es wirkt in diesem Versuche offenbar das erhitzte Blut direct auf die Oblongata. Bei gesteigerter Temperatur lässt sich durch forcirte

künstliche Athmung und die dadurch geschaffene hohe Arterialisirung des Blutes dennoch keine Apnoe erzeugen (Ackermann).

Einwirkung auf das Centrum.

Ausser dieser directen Erregung des Athmungscentrums an Ort und Stelle, kann auf dasselbe noch eingewirkt werden durch den Willen und reflectorisch durch eine Anzahl centripetalleitender Nerven.

Durch den Willen.

1. Durch den Willen vermögen wir nur für kurze Zeit die Athmung anzuhalten und zwar so lange, bis die gesteigerte venöse Blutmischung das Athmungscentrum zur neuen Thätigkeit anstachelt. Auf längere Zeit lässt sich Zahl und Tiefe der Bewegungen vergrössern, ausserdem gebietet der Wille über den Rhythmus derselben.

Einwirkung reflectorischer Nerven.

Anregende Nerven.

2. Reflectorisch kann auf das Athmungscentrum eingewirkt werden, und zwar gibt es anregende und hemmende Nerven. — a) Die reflectorisch das Athmungscentrum anregenden Nerven haben unter normalen Verhältnissen das Uebergewicht über die hemmenden.

Sie liegen in den Lungenästen des Vagus; die beiderseitige Durchschneidung des Vagus hat also in Folge des Wegfalles dieser anregenden Fasern Verlangsamung der Athembewegungen zur Folge. Und in Uebereinstimmung hiermit hat nachfolgende schwache Reizung der centralen Vagusstümpfe wieder Beschleunigung der Athemzüge zur Folge (Budge, Eckhard, Traube). Stärkere Reizung bewirkt Stillstand der Athmung in der Inspiration (Traube) oder (namentlich bei Ermüdung des Nerven) in der Exspiration (Budge, Burkart).

Hemmende Nerven.

b) Die auf das Centrum einwirkenden Hemmungsnerven der Athembewegungen verlaufen im N. laryngeus superior (Rosenthal) und inferior (Pflüger und Burkart, Hering und Brenner).

Reizung dieser Nerven oder ihrer centralen Stümpfe bedingt also Verlangsamung und selbst Sistirung der Athmung [in der Exspiration (Rosenthal)]. Auch die Nasenzweige des Trigeminus bewirken gereizt Stillstand der Athmung in der Exspiration, (Hering und Kratschmer), ebenso die Reizung der Lungenfasern vom Vagus durch Einleiten einiger reizender Gase in die Lungen (Knoll) [andere bewirken Stillstand in der Inspiration]. Auch die Reizung vieler Hautnerven, namentlich des Brustkastens und des Bauches (z. B. durch eine plötzliche kalte Douche), bewirkt Exspirations - Stillstand (Schiff, Falk) oft nach vorhergegangenen klonischen Zuckungen der Athmungsmuskeln. — Besonders beachtenswerth ist auch die Verlangsamung der Athmung bei Druck auf das grosse Gehirn, wobei die Athmung nicht selten erschwert und röchelnd wird (Budge).

Während der reflectorisch beschleunigten oder verlangsamten Athmung sind die einzelnen Züge zugleich oberflächlicher, beziehungsweise tiefer; es wird daher die von der Oblongata geleistete Arbeit, die in der Anregung der Athemmuskeln besteht, nicht beschränkt oder vermehrt, sondern nur auf andere Rhythmen vertheilt. Hiermit stimmt es, dass die Volumina der durch die Lungen gewechselten Gase in gleichen Zeiten gleich bleiben (Valentin, Rosenthal)

und dass auch der respiratorische Gasaustausch direct nicht verändert wird (Voit und Rauber).

Selbststeuerung des Athemcentrums.

Unter normalen Verhältnissen scheinen die Lungenäste des Vagus durch einen Mechanismus der Selbststeuerung auf die beiden Athmungscentra in der Weise einzuwirken, dass die inspiratorische Erweiterung der Lungen mechanisch reizend wirkt auf die das Exspirations-Centrum reflectorisch anregenden Nervenfasern; — umgekehrt bringt die exspiratorische Verkleinerung der Lungen Erregung der zum Inspirationscentrum laufenden Nerven mit sich (Hering und Breuer).

Es erklärt sich auf diese Weise das abwechselnde Spiel der In- und Exspiration in befriedigender Weise. [In tiefer Narkose soll jedoch die Ausdehnung des Thorax bei Thieren zunächst Ruhe der Athembewegungen und sodann eine Inspirationsbewegung zur Folge haben (P. Guttmann).]

Bei der grossen Ausbreitung reflectorischer Einwirkungen auf das Athmungscentrum ist die Frage aufgeworfen, ob nicht die Athembewegungen lediglich reflectorisch ausgelöst wurden (Marshall Hall), ohne gleichzeitige directe Erregung des Centrums an Ort und Stelle. In der That sahen Rach und v. Wittich nach Durchschneidung aller sensiblen Nerven mit Ausnahme der Vagi die Athmung still stehen. Doch soll nach Rosenthal dieser Erfolg ausbleiben, wenn grosse Blutverluste vermieden werden. — Es kann gegenwärtig kein Zweifel darüber obwalten, dass das Athmungscentrum ein automatisches ist, das allerdings vielfach unter den Einflüssen von Reflexen steht.

Auslösung der ersten Athemzüge.

Die Auslösung der ersten Athembewegungen. Der Fötus befindet sich bis nach erfolgter Geburt im apnoischen Zustande, da ihm reichlich O durch die Placenta zugeführt wird. Alle Momente, welche diese Zufuhr hemmen, also vornehmlich Compression der Nabelgefässe und anhaltende Wehenthätigkeit, ziehen O-Abnahme und CO_2-Zunahme im Blute nach sich, wodurch eine das Athmungscentrum erregende Blutmischung sich bildet und mit letzterer der Impuls zur Athembewegung selbst (Schwartz). So kann also auch bereits innerhalb der uneröffneten Häute des ausgestossenen Eies der Fötus zu Athembewegungen angeregt werden (Vesal, 1542). Dauern die den Gaswechsel unterbrechenden Ursachen an, so wird die angeregte Athmung dyspnoetisch und schliesslich erfolgt der Tod durch Erstickung (Cazeaux). Entwickelt sich die Venosität des Fötalblutes ganz allmählich wie z. B. beim ruhigen langsamen Tode der Mutter, so kann die Medulla oblongata des Fötus allmählich absterben, ohne dass es zu Athembewegungen kam, ohne dass also die fötale Apnoe unterbrochen wurde. Das ist eine Lähmung durch langsam „einschleichenden“ Reiz (pg. 724).

Hiernach würde also die Athembewegung in der Oblongata direct durch die dyspnoische Blutmischung angeregt. Aehnlich wie die Compression der Nabelgefässe kann auch die Erstickung der Mutter wirken. In diesem Falle entzieht sogar das mütterliche, schnell venös gewordene Blut der Frucht den O aus dem Blute (N. Zuntz), wodurch also der Tod letzterer noch mehr beschleunigt wird. Ist die Mutter durch CO asphyctisch geworden (vgl. pg. 41), so kann der Fötus länger am Leben bleiben, da das CO-Hämoglobin des Mutterblutes dem Fötalblute natürlich keinen O entziehen kann (pg. 40) (Högyes).

In vielen Fällen, zumal wenn nach anhaltender Wehenthätigkeit das Athmungscentrum bereits in seiner Erregbarkeit sehr geschwächt ist, genügt die nach der Geburt noch hochgradiger werdende dyspnoische Beschaffenheit des Blutes allein nicht, die Athembewegungen in rhythmischer und typischer Form anzuregen. Hierzu bedarf es vielmehr noch der Reizung der äusseren Haut durch Abkühlung beim Verdunsten des Fruchtwassers an der Luft (v. Preuschen). Ist dann durch die erfolgten ersten Bewegungen Luft in die Athemhöhlen eingedrungen, so kann nun auch die Luft auf die Lungenäste des Vagus erregend wirken (Pflüger), welche das Athmungscentrum zu gesteigerter Thätigkeit reflectorisch anspornen.

Nach den Beobachtungen von v. Preuschen ist die Anregung des Athmungscentrums durch die Nerven der äusseren Haut wirksamer, als durch die Vagusäste des Respirationsorganes. Auch bei Thieren, welche durch sehr ergiebige künstliche Athmung apnöisch gemacht waren, sah dieser Forscher nach Application von Hautreizen (Begiessen mit kaltem Wasser) lebhafte Athembewegungen auftreten. — Mechanische Hautreize, wie Frottiren oder Schlagen unterstützen zweckmässig die Anregung des Athmungscentrums, ebenso Begiessen mit kaltem Wasser oder Reizung mit dem elektrischen Pinsel.

Ausübung künstlicher Athmung bei Erstickten

Künstliche Athembewegungen bei Erstickten. Bei Menschen pflegt man zur Wiederbelebung im Zustande der Asphyxie künstliche Athembewegungen zu bewirken. Es handelt sich hier zumeist um Erstickte, Erdrosselte, Ertränkte oder um asphyctisch geborene (intrauterin erstickte) Kinder. Als erste Aufgabe gilt es hier, etwaige in den Luftwegen befindliche fremde Substanzen (Schleim- oder ödematöse Flüssigkeiten bei Neugebornen oder Erstickten, Wasser bei Ertrunkenen etc.) zu entfernen (P. Scheel), in verzweifelten Fällen sogar nach Anlegung einer Trachealöffnung durch Aussaugen mittelst eines eingeführten elastischen Katheders (C. Hüter). Sodann muss ungesäumt zur Ausführung der künstlichen Athembewegungen geschritten werden. Man erreicht die abwechselnde Erweiterung oder Verengerung des Brustkorbes, und damit zugleich den Gaswechsel, einmal durch rhythmische Compression des Brustkorbes mittelst der aufgelegten flachen Hände. Der Asphyctische befindet sich in der Rückenlage bei möglichster Rückwärtsbeugung der Wirbelsäule (durch passende Unterlagen); der Mund wird offengehalten und die Zunge (die zurücksinkend den Kehldeckel niederdrücken würde) hervorgezogen. Die Compression darf nicht mit roher Gewalt ausgeführt werden; sie sei gegen die Mitte und den unteren Abschnitt des Thorax gerichtet; auch ein Druck auf das Epigastrium, wodurch das Zwergfell rhythmisch emporgedrängt wird, kann unterstützend wirken. Marshall Hall vollführte bei asphyctischen Ertränkten die Exspiration durch Druck des Thorax mittelst des eigenen Körpergewichtes beim Rollen des Körpers auf die Bauchfläche, die Inspiration durch Freigebung der elastischen Thoraxwandungen beim Zurückrollen in die Rückenlage. — Howard räth rhythmische Compression von Brust und Bauch durch die Wucht des Körpers des Arztes, der rittlings über dem am Boden gestreckt liegenden Verunglückten sitzt. Silvester lässt abwechselnd die Erweiterung des Thorax ausführen durch Emporhebung der Arme bis über den Kopf hinaus, dann die Verengerung durch Anpressen der im Ellbogen gebeugten Arme gegen die Brustwand. Schüller räth endlich sehr praktisch die unteren Rippenbögen mit beiden Händen von oben her zu umfassen und emporzuziehen, wodurch eine ergiebige Thoraxerweiterung erfolgt (namentlich wenn die Oberschenkel gegen den Bauch erhoben sind, um die Spannung der Bauchdecken zu eliminiren). Die Compression des Thorax erfolgt dann durch Druck der flachen Hände gegen die Hypochondrien. So wird offenbar auch erfolgreich auf die Unterstützung der Blutbewegung im Herzen und in den grossen Brustgefässen gewirkt. Für asphyctische Neugeborne sind noch andere mechanische Proceduren angegeben, z. B. Erweiterung und

Verengerung des Thorax durch Schwingen in der Luft (B. S. Schultze). — Künstliche Erweiterung des Thorax lässt sich auch dadurch erzielen, dass man im passenden Tempo die Nn. phrenici durch die Schwammelektroden des Inductionsapparates reizt. Sie werden auf die Gegend der Vorderfläche der Scaleni applicirt, deren Reizung selbst das Inspirium vergrössern wird (Ziemssen, Pernice). — In verzweifelten Fällen kann man sogar durch die geöffnete Luftröhre direct mittelst eines eingeführten elastischen Rohres Luft in die Trachea (mit dem Blasebalge oder direct mit dem Munde) einblasen (Hüter). Doch ist hier Vorsicht nöthig, damit die Lungen nicht verletzt werden. — Die künstliche Athmung wirkt recreirend sowohl durch O-Zufuhr und CO_2-Abfuhr aus dem Blute, als auch namentlich unterstützend für die Fortbewegung des Blutes im Herzen und in den grossen Gefässen der Brusthöhle, also circulationsanregend (B. S. Schultze) (vgl. pg. 113 u. ffg.). Ist die Herzaction bereits erloschen, so ist die Wiederbelebung erfolglos. Bei asphyctischen Neugebornen möge man nie zu früh (d. h. vor Aufhören des Herzschlages) von den Belebungsversuchen abstehen, selbst wenn sie anfangs aussichtslos erscheinen könnten, da die Oblongata noch lange die Reste ihrer Erregbarkeit bewahrt. Pflüger und Zuntz sahen so noch mehrere Stunden nach dem Tode der Mutter die Reflexerregbarkeit und den Herzschlag beim Fötus anhalten. Beim wiederbelebten Neugebornen höre man erst mit den Proceduren auf, wenn lautes Schreien erfolgt ist.

Wiederbelebung durch Herzcompression.

Es sollen hier die merkwürdigen Versuche von Böhm angefügt werden, der Thiere (Katzen), deren Athmung und Herzschlag durch Erstickung oder Vergiftung durch Kalisalze oder Chloroform bereits 40 Minuten völlig aufgehört hatten, und bei denen der Druck in der Carotis bis auf 0 gesunken war, durch rhythmische Compression des Herzens in Verbindung mit künstlicher Respiration wiederbeleben konnte. Die Compression des Herzens bewirkt eine geringe Blutbewegung (etwa wie ganz schwache Systolen); zugleich wirkt die Compression als rhythmischer Herzreiz. Zuerst kehrt der Herzschlag wieder, dann auch die Athmung. Der wiedererwachte Herzschlag wirkt selbst luftwechselnd (pg. 111). Nach dem Wiedererwachen der Athmung tritt auch die Reflexerregbarkeit wieder ein, — allmählich auch die willkürlichen Bewegungen. Die Thiere sind erst einige Tage blind, ihr Gehirn sehr träge functionirend, ihr Harn ist stark zuckerreich. Die Versuche zeigen, wie hochwichtig bei der Wiederbelebung Asphyctischer die gleichzeitige Einwirkung auf das Herz ist.

Zu physiologischen Zwecken.

Zu physiologischen Zwecken bedient man sich der künstlichen Athmung durch Einblasen von Luft mittelst eines Blasebalges in eine Trachealcanüle, die zum Abströmen der Exspirationsluft eine kleine Seitenöffnung hat. Ist das Thier gleichzeitig durch Curare gelähmt, so kann es nicht durch selbstständige oder reflectorische Bewegungen der Körpermusculatur in störende Unruhe versetzt werden.

371. Das Centrum der Hemmungsnerven des Herzens und die hemmenden Vagusfasern.

Die Fasern des Vagus, welche mässig stark gereizt die Zahl der Herzschläge vermindern, stark gereizt jedoch Stillstand des Herzens bewirken (pg. 687, 7) und welche dem Vagus durch den Accessorius zugebracht werden (pg. 685), haben ihr Centrum in der Oblongata (Budge) an einer nicht näher bekannten Stelle.

Auch dieses Centrum kann sowohl direct an Ort und Stelle, als auch reflectorisch von centripetalen Nerven aus erregt werden.

Viele Forscher nehmen an, dass das Centrum tonisch innervirt sei, d. h. dass ununterbrochen von demselben aus durch die Bahn des Vagus hindurch regulirend und hemmend auf den Herzschlag eingewirkt werde; nach Bernstein soll diese tonische Erregung reflectorisch durch den Bauch- und Halsstrang des Sympathicus und durch den Sympathicus zu Stande kommen. Ich kann mich dieser Annahme nicht anschliessen und glaube vielmehr, dass unter normalen Verhältnissen der Athmung und der Blutmischung das Centrum nicht erregt ist, sondern dass es erst unter ganz besondern Verhältnissen in die Erregung versetzt wird.

Directe Erregung des Herz-hemmungs-Centrums.

I. Directe Erregung des Centrums. — Das Centrum wird an Ort und Stelle von denselben Einwirkungen erregt, wie das Athmungscentrum. 1. Plötzliche Anämie der Oblongata [durch Unterbindung beider Carotiden und beider Subclaviae, oder durch Enthauptung (eines Kaninchens) bei alleiniger Erhaltung der Vagi] bewirkt Verlangsamung und selbst vorübergehenden Stillstand der Herzschläge (Landois, 1865). 2. In ähnlicher Weise wirkt die plötzliche venöse Hyperämie, die man durch Unterbindung der vom Kopfe herkommenden Venen erzeugen kann (Landois, Hermann und Escher). — 3. Auch die vermehrte Venosität des Blutes, entweder durch directe Athmungs - Unterbrechung (Landois), oder durch Einblasen CO_2-reicher Gasgemenge in die Lungen hervorgerufen (Traube) wirkt ebenso. Da bei starker Wehenthätigkeit der Kreislauf in der Placenta (der eigentlichen Lunge des Fötus) beeinträchtigt wird, so erklärt sich die constante Schwächung der Herzaction bei starken Wehen als dyspnoische centrale Vagusreizung (B. S. Schultze). — 4. In dem Momente, in welchem durch Erregung des Athmungscentrums eine Inspiration erfolgt, findet eine leichte Erregung des Herzhemmungscentrums statt. In der Inspirationsphase ist nämlich der Puls etwas langsamer, als in der Exspiration (vgl. pg. 150, 4) (Vierordt, Donders, Brown-Séquard). — 5. Auch erhöhter Blutdruck in den Schlagadern des Gehirnes soll das Herzhemmungscentrum erregen.

Dass das Centrum (bei Kaninchen) unter normalen Verhältnissen nicht tonisch innervirt ist, habe ich (1863) dadurch bewiesen, dass, wenn man nach Freilegung der Vagi durch die künstliche Athmung dafür Sorge trägt, dass die Zahl der Herzschläge genau dieselbe bleibt, wie das intacte Thier sie zeigte, dass dann die bilaterale Vagusdurchschneidung die Pulsfrequenz nicht steigert. Schiff hat meine Angaben bestätigt. Allerdings beobachtet man beim Hunde nach Durchschneidung der Vagi plötzlich steigende Pulsfrequenz (Rich. Lower). Doch muss sorgfältig vorher geprüft werden, wie hoch der Puls des ruhig vorher beobachteten Thieres war, und ob nicht die Herrichtung zum Versuch die Pulse verlangsamte. Dann kann auch der Schnitt selbst die in den Vagis liegenden accelerirenden Fasern reizen und die ebenfalls den Herzschlag beschleunigenden pressorischen Fasern. Beim Hunde, dessen Vagi man durch Einspritzung von Curare in die Venen bei unterhaltender künstlicher Respiration lähmt, wird der Herzschlag nicht beschleunigt, — und beim Frosche bleibt die beiderseitige Vagusdurchschneidung stets ohne Beschleunigung des Pulses.

Reflectorische Erregung des Herz-hemmungs-Centrums.

II. Reflectorisch kann das Herzhemmungscentrum erregt werden durch viele centripetalleitende Nerven: 1. Durch Reizung sensibler Nerven (Lovén, Kratschmer), —

2. auch des Vagus selbst (Reizung des centralen Vagusstumpfes bei Erhaltung des anderen Vagus; v. Bezold, Donders, Aubert und Roever). — 3. Reizung der sensiblen Nerven der Baucheingeweide durch Klopfen auf den Bauch (Goltz'scher „Klopfversuch") hat „herzhemmende Wirkung", ebenso wie die des Splanchnicus direct, oder des Bauch- und Halsstranges des Sympathicus (Bernstein). [Der Goltz'sche Versuch gelingt sehr prompt, wenn man die Reizung auf die blossgelegten Gedärme (des Frosches) einwirken lässt, die durch längeres Verweilen an der Luft in Entzündung gerathen sind (Tarchanoff)].

Reflectorisch wird die Erregung des herzhemmenden Centrums nach Hering herabgesetzt durch kräftiges Aufblasen der Lungen mit atmosphärischer Luft. (Hierbei zeigte sich bedeutende Blutdrucksenkung.)

Im ganzen Verlaufe vom Centrum abwärts durch den Stamm des Vagus und weiterhin durch seine Herzäste bewirkt Reizung eine Verlangsamung und Schwächung und schliesslich Sistirung der Herzthätigkeit; beim Frosch wird dieser Erfolg sogar noch erzielt durch Reizung der Vagusfasern am Hohlvenensinus des Herzens. Schwächere Reize verlangsamen die Schlagfolge, stärkere Reize bewirken diastolischen Stillstand. Wirken intensivere Reize entweder im Centrum oder im Verlaufe des Nerven längere Zeit an, so ermüdet die gereizte Stelle und das Herz pulsirt trotz des anhaltenden Reizes wieder beschleunigter. Wird jedoch die Reizstelle nunmehr weiter zum Herzen hin verlegt, so erfolgt neue Hemmung, da der Reiz jetzt wieder auf eine frische Nervenstrecke einwirkt.

Erschöpfung des gereizten Herzvagus.

In Bezug auf die Reizung der hemmenden Fasern sind noch die folgenden Punkte beachtungswerth: 1. Zur Erzielung der hemmenden Wirkung bedarf es keiner anhaltenden Reizung, es genügt vielmehr eine mässig schnell rhythmisch unterbrochene (v. Bezold). — 2. Donders sah in Verein mit Prahl und Nuel, dass nicht sofort im Momente der Reizung sich die Hemmung geltend machte, sondern dass erst eine kurze Frist der „latenten Reizung" bis zum Eintritt der Wirkung verstrich. — 3. Steht das Herz durch Vagusreizung still, so vollführt es auf eine directe Reizung (z. B. Nadelstich) eine einmalige wohlgeordnete Contraction. — 4. Fängt das Herz nach Ueberreizung und Erschöpfung des einen Vagus minder an zu schlagen, so soll nun auch die Reizung des anderen (bis dahin ungereizten) Vagus keine hemmende Wirkung mehr ausüben [??] (Tarchanoff und Puelma). — 5. Bei der Flussschildkröte sollen nach A. B. Meyer nur im rechten Vagus die hemmenden Fasern liegen; die Angabe jedoch, dass auch bei anderen Thieren (Kaninchen) der rechte Nerv bei gleicher Reizstärke intensiver hemmend wirke, als der linke (Masoin, Arloing und Tripier), erfährt zu viele Ausnahmen, wie ich und neuerdings auch Langendorff fand, als dass man sie als Regel aufstellen könnte. — 6. Durch Digitalcompression gegen die Halswirbelsäule lässt sich der Nerv mitunter auch beim Menschen erfolgreich mechanisch reizen (Czermak, Concato) [doch sah man hiernach auch bedrohliche Ohnmachtsanfälle auftreten, weshalb vor Anstellung dieses Versuches zu warnen ist]. — 7. Ueber das Verhalten des N. vagus im elektrotonischen Zustande ist bereits pg. 651, III.; über das Zuckungsgesetz desselben pg. 652, 2 berichtet. — 8. Unter den Giften reizt Muscarin die Vagusenden im Herzen und kann selbst diastolische Ruhe bewirken (Schmiedeberg und Koppe). Dieser Stillstand kann dann durch Atropin aufgehoben werden. Digitalin

vermindert den Herzschlag durch Reizung des Vaguscentrums. Nicotin reizt erst den Vagus und lähmt ihn sodann (Rosenthal), ebenso Blausäure (Preyer). Atropin (v. Bezold) und Curare (Cl. Bernard, Kölliker) lähmen die Vagi (ebenso starke Abkühlung). — 9. Schiff fand, dass die Vagusreizung bei Fröschen Pulsvermehrung erzeugte, als er das Blut des Herzens durch Kochsalzlösung verdrängt hatte. Wird später wieder Blutserum in dasselbe Herz gebracht, so erhält der Vagus die Hemmungswirkung wieder. — 10. Wenn durch starken intracardialen Druck die Pulsationen des Herzens sehr beschleunigt sind, so ist die Wirksamkeit des Herzvagus entsprechend herabgesetzt (J. M. Ludwig und Luchsinger).

372. Das Centrum der beschleunigenden Herznerven und die accelerirenden Fasern.

Es ist mehr wie wahrscheinlich, dass in der Medulla oblongata ein Centrum seinen Sitz hat, welches accelerirende Fasern zum Herzen entsendet. Diese verlaufen von der Oblongata (wo der genauere Sitz noch unermittelt ist) im Rückenmarke abwärts und treten durch die Rami communicantes der unteren Hals- und des obersten Brustnerven in den Sympathicus. Von hier verläuft vornehmlich ein Hauptzug dieser Fasern durch das erste sympathische Brustganglion des Grenzstranges und von hier zum Plexus cardiacus. Dieser Nerv wird als N. accelerans cordis bezeichnet. Es hat die Reizung der Medulla oblongata, ferner die des unteren Endes des durchschnittenen Halsmarkes, fernerhin auch des unteren Cervicalganglions (Ggl. stellatum), oder des obersten Dorsalknotens Beschleunigung des Herzschlages bei Hunden und Kaninchen, oder, wenn er schon aufgehört hatte, Erneuerung der Herzschläge zur Folge (Cl. Bernard, v. Bezold, Gebr. Cyon, Schmiedeberg).

N. accelerans cordis.

Bei der Reizung des verlängerten Markes oder des Cervicalmarkes werden zugleich auch die hier liegenden Vasomotoren mitgereizt. In Folge davon ziehen sich die Gefässe, die von der gereizten Stelle abwärts ihre Motoren erhalten, zusammen, wodurch der Blutdruck bedeutend ansteigt. Da nun aber die Steigerung des Blutdruckes allein schon den Herzschlag beschleunigt, so kann die angeführte Reizung nicht direct die Existenz der accelerirenden Fasern in diesen Centraltheilen beweisen. Beweisend wird der Versuch erst dann, wenn man vor der Reizung durch Ausrottung der Splanchnici den Blutdruck enorm erniedrigt (pg. 292), so dass dieser nicht mehr accelerirende Wirkung ausüben kann. — Indirect kann man auch zeigen, dass, wenn alle Nerven des Herzgeflechtes, also auch die accelerirenden Fasern, weggenommen sind, dass alsdann nach Reizung des verlängerten oder des Cervicalmarkes die Pulsfrequenz (durch Blutdruckerhöhung) nicht in dem Masse steigt, wie vor dieser Exstirpation.

Unterscheidung von der Acceleration des Herzschlages durch Vasomotoren-Reizung.

Das Centrum ist jedenfalls nicht tonisch erregt, denn die Durchschneidung der Nerven verlangsamt nicht den Herzschlag, ebenso negativ ist die Zerstörung der Oblongata oder des Cervicalmarkes selbst. Doch muss auch hier (zum Behufe hochgradiger Blutdruckherabsetzung) vorher der Splanchnicus ausgerottet werden, damit nicht die Verlangsamung der Herzschläge, welche in Folge des gesunkenen Blutdruckes nach Markzerstörung

eintritt, als von der Zerstörung des accelerirenden Centrums herrührend irrthümlich gedeutet werde (Gebr. Cyon).

Beschleunigende Fasern im Halssympathicus und Vagus.

Herzbeschleunigende Fasern liegen nach der Angabe vieler älterer Forscher und v. Bezold's zum Theil auch noch im Halssympathicus, andere wiederum treten durch die Vagusbahn zum Herzen (pg. 687, 7).

Die directe Reizung des Accelerans hat einen nur langsam eintretenden Erfolg; nach Aufhören der Reizung verschwindet die Wirkung nur allmählich. Wird der Vagus und Accelerans gleichzeitig gereizt, so tritt nur die hemmende Vaguswirkung in die Erscheinung. Wird während der Acceleranswirkung plötzlich der Vagus gereizt, so erfolgt prompte Abnahme der Zahl der Herzschläge, hört nun der Vagusreiz auf, so beginnt schnell wieder die Beschleunigung (Ludwig mit Schmiedeberg, Bowditsch, Baxt).

373. Das Centrum der Vasomotoren

und die vasomotorischen Nerven.

Das vasomotorische Centrum.

Das dominirende Centrum, welches die sämmtlichen Muskeln des Arteriensystemes mit echten motorischen Nerven (Vasomotoren, Vasoconstrictoren, vasohypertonisirenden Nerven) versorgt, hat in der Medulla oblongata, an einer zum Theil an grossen Ganglien reichen Stelle, seinen Sitz (Ludwig und Thiry). Es reicht (3 Mm. lang, $1^1/_2$ Mm. breit; beim Kaninchen) von der Gegend des oberen Theiles der Rautengrube bis gegen 3 Mm. oberhalb des Calamus scriptorius. Jede Körperhälfte hat ihr Centrum, das $2^1/_2$ Mm. von der Mittellinie in dem Theile der Oblongata jederseits belegen ist, welcher die Verlängerung der Seitenstränge des Rückenmarkes darstellt [unterer Theil der oberen Olive] (Ludwig, Orosjannikow und Dittmar). Reizung dieser Centralpunkte hat Verengerung aller Arterien und in Folge davon Steigung des arteriellen Blutdruckes zur Folge, wobei die Venen und das Herz anschwellen. Lähmung des Centrums erschlafft und erweitert alle Arterien unter enormer Abnahme des Blutdruckes. Unter normalen Verhältnissen ist das vasomotorische Centrum im Zustande einer mittleren tonischen Erregung.

Aehnlich wie das Herzhemmungscentrum und das Athmungscentrum kann es direct und reflectorisch erregt werden.

Directe Reizung des Centrums.

I. Directe Erregung des Centrums. Von hervorragender Wirkung ist der Gasgehalt des die Medulla oblongata durchströmenden Blutes. Im Zustande der Apnoe scheint sich das Centrum in geringster Erregung zu befinden, da der Blutdruck eine bedeutende Abnahme zeigt. — Bei der unter normalen Verhältnissen herrschenden Blutmischung ist das Centrum mittelstark erregt, hiebei nimmt bei jeder Athemanregung zugleich auch die Erregung des Centrums zu (Hering) (wie man an der gleichzeitigen Steigung des Blutdruckes ersieht). — Bei stärkerer Venosität der Blutmischung (durch Ersticken oder

Einblasen von CO_2-reicher Luft) wird das Centrum stärker erregt, so dass sich nun alle Arterien zusammenziehen und das Venensystem und das Herz vom Blute strotzt und anschwillt (Thiry); hierbei ist die Stromgeschwindigkeit des Blutes erhöht (Heidenhain). Denselben Erfolg hat auch die plötzlich bereitete Anämie der Oblongata durch Unterbindung beider Carotiden und Subclaviae (Nawalichin, Sigm. Mayer) und wohl auch die plötzliche Stagnation des Blutes bei venöser Hyperämie.

Leersein der Arterien nach dem Tode.

Die jedesmal nach dem Tode sich einstellende Venosität des Blutes ruft ganz constant eine energische Erregung des Vasomotorencentrums hervor, in Folge dessen sich die Arterien stark zusammenziehen. Da hierdurch das Blut den Capillaren und Venen zugeführt wird, so erklärt sich das Leersein der Arterien nach dem Tode, das schon den Alten bekannt war.

Wirkung auf Blutungen.

Hierauf beruht es auch, dass, wie ich gefunden habe, Blutungen aus grossen Wunden viel ergiebiger fliessen, wenn das vasomotorische Centrum erhalten, als wenn es vorher zerstört war (Frosch). Da psychische Erregungen einen entschiedenen Einfluss auf das Vasomotorencentrum haben, so erklärt sich der Einfluss psychischer Erregungen (Besprechen u. dgl.) auf die Sistirung von Blutungen. Ist die Blutung hochgradig, so kann auch die anämische Reizung der Oblongata schliesslich constringirend auf die blutenden Arterien wirken. So ist die den Chirurgen wohlbekannte Erscheinung zu erklären, dass gefahrvolle Blutungen oft sistiren, sobald anämische Ohnmacht eintritt. — Beim Frosch wird nach Unterbindung des Herzens schliesslich alles Blut in die Venen getrieben und zwar ebenfalls durch anämische Reizung der Oblongata (Goltz). Bei Säugern tritt die nach Ausschaltung des Herzens erfolgende Blutdruckausgleichung zwischen dem arteriellen und venösen System langsamer ein nach Zerstörung der Oblongata, als bei Erhaltung derselben (v. Bezold, Gscheidlen).

Verlauf der Vasomotoren.

Von ihrem Centrum verlaufen die vasomotorischen Nerven theilweise direct durch die Bahn einiger Kopfnerven zu ihren Gebieten: durch den Trigeminus zum Theil zum Inneren des Auges (pg. 668, 2), durch den Lingualis und Hypoglossus zur Zunge (pg. 674), durch Vagusfasern in beschränkter Zahl zur Lunge (pg. 687, 2) und zu den Eingeweiden (pg. 689).

Alle übrigen Vasomotoren steigen zuerst im Rückenmarke abwärts (pg. 715) [daher Reizung des unteren Endes des durchschnittenen Markes die abwärts versorgten Gefässe verengt (Pflüger)], sie setzen sich innerhalb desselben noch mit Centren untergeordneter Bedeutung in der grauen Substanz in Verbindung (pg. 711) und verlaufen nun entweder direct durch die Stämme der Spinalnerven (vordere Wurzeln) zu ihrem Gebiete, oder durch die Rami communicantes zuerst in den Sympathicus und von hier zu den Gebieten der Gefässverzweigungen. Im Einzelnen verhalten sich die Körperregionen wie folgt: Der Halstheil des Sympathicus versorgt in grösstem Umfange den Kopf (siehe Sympathicus pg. 697, A. 3) (Cl. Bernard); in seinem Innervationsgebiet liefert auch der N. auricularis magnus einige Vasomotoren (Schiff, Lovén). Die Oberextremitäten erhalten ihre Vasomotoren durch die vorderen Wurzeln der mittleren Dorsalnerven, und von da durch den Grenzstrang zum ersten Brustganglion und von hier durch Rami communicantes zum Plexus brachialis (Schiff, Cyon). Aus den Dorsal- und Lumbalnerven stammen die Vasomotoren für die Rumpfhaut; — die Nerven des Plexus lumbalis und sacralis und von hier der sympathische Grenzstrang geben die Vasomotoren der Unterextremitäten (Pflüger, Schiff, Cl. Bernard). Die Lungen versorgt (ausser einigen Vagusfasern) das Halsmark durch das erste Brustganglion. Der Splanchnicus ist der bedeutendste aller Vasomotoren, der Versorger der Baucheingeweide (pg. 292). Ueber die Vasomotoren der Leber ist pg. 315, — über die der Nieren pg. 509, der Milz pg. 204 berichtet worden. — Nach Stricker verlassen die meisten Vasomotoren das Rückenmark vom fünften Hals- bis ersten Brustwirbel.

Reflectorische Erregung des vasomotorischen Centrums.

II. Reflectorische Erregung des Centrums. Es gibt innerhalb der verschiedensten centripetal verlaufenden Nerven solche Fasern, welche gereizt auf das vasomotorische Centrum einwirken. Und zwar gibt es solche Nerven, welche das Centrum erregen, die also stärkere Contraction der Arterien und damit vergrösserten Blutdruck bewirken; diese nennt man auch pressorische Fasern. — Umgekehrt sind solche Nerven nachgewiesen, deren Reizung reflectorisch das Vasomotorencentrum in seiner Erregbarkeit herabsetzen. Ihr Erfolg ist also der entgegengesetzte; sie wirken eigentlich als hemmende Nerven und werden depressorische Nerven genannt.

Pressorische Wirkung.

Pressorische Fasern haben wir bereits im N. laryngeus superior und inferior (pg. 686) namhaft gemacht; ferner im Trigeminus, dessen directe Reizung (pg. 676) pressorisch wirkt, sowie auch bei Einblasung reizender Dämpfe in die Nase (Hering und Kratschmer). Im Halssympathicus entdeckten Aubert und Roever pressorische Fasern; S. Mayer und Pribram sahen mechanische Reizung des Magens, namentlich der Serosa pressorisch wirken. Ja es soll bei Reizung eines jeden beliebigen sensiblen Nerven zuerst pressorische Wirkung zu beobachten sein (Lovén).

So sah auch O. Naumann nach schwachen elektrischen Hautreizen zuerst pressorische Wirkung, nämlich Verengerung der Gefässe des Mesenteriums, der Lungen und der Schwimmhaut unter gleichzeitiger Anregung der Herzthätigkeit und unter Beschleunigung des Kreislaufes (Frosch); starke Reize hatten jedoch den entgegengesetzten, also depressorischen Effect, bei gleichzeitiger Herabsetzung der Herzthätigkeit. Auch durch cutane Application von Wärme und Kälte lässt sich auf dem Wege des Reflexes ähnlich eine Veränderung im Lumen der Gefässe und in der Herzthätigkeit erzielen (Röhrig, Winternitz). — Schüller sah nach Kneifen der Haut Contraction der Pia-Gefässe (Kaninchen), ebenso nach warmen Bädern oder Umschlägen, während kalte die Gefässe erweiterten. Zum Theil deutet Schüller diese Erscheinungen auch als pressorische und depressorische Wirkungen; doch sieht er die vornehmste Ursache in der durch die Kälte bewirkte Verengerung der Hautgefässe, die den Blutdruck erhöhen und so die Piagefässe dilatiren muss. Die Wärme hat natürlich den entgegengesetzten Erfolg.

Depressorische Wirkung.

Depressorische Nerven, deren Reizung also die Thätigkeit des vasomotorischen Centrums herabsetzt, enthalten viele Nerven. Besonders erwähnt ist schon der N. depressor des Vagus (pg. 687, 6). Auch der Stamm des Vagus unterhalb des letzteren enthält depressorische Fasern (v. Bezold und Dreschfeld). Vielleicht wirken auch die Lungenfasern bei starker exspiratorischer Pressung depressorisch (vgl. pg. 150). — Reizung sensibler Nerven, zumal wenn diese intensiver und anhaltender ist, hat Erweiterung der Gefässe in den von ihnen innervirten Bezirken zur Folge (Lovén); nach Latschenberger und Deahna liegen in allen sensiblen Nerven neben pressorischen zugleich auch depressorische Fasern.

Schiff sah nach Reizung sensibler Nerven die normal vorhandenen 3—5mal in der Minute erfolgenden, periodisch regulatorischen Contractionen

im Kaninchenohr einer Erweiterung Platz machen. nachdem eine kurzdauernde Verengerung vorhergegangen war.

Depressorisch wirkt auch jeder directe Druck auf eine Arterie, innerhalb des Gebietes derselben, was daran ersichtlich ist, dass z. B. nach anhaltendem Druck des Sphygmographen die Pulscurven grösser werden und die Zeichen geringerer Arterienspannung aufweisen (pg. 153).

Normale Thätigkeit der Vasomotoren.

Im intacten Körper beobachtet man an den Arterienzweigen (Ohrarterien der Kaninchen, der Flughaut der Flatterthiere, der Schwimmhaut der Frösche) langsam abwechselnde Verengerungen und Erweiterungen ohne einen gleichmässigen Rhythmus. Diese von Schiff entdeckte Bewegung hat den Zweck, das betreffende Organ bald mit grösserer, bald mit kleinerer Blutmenge zu versorgen, je nachdem es Ernährung oder äussere Einwirkungen erfordern. Man kann dieselbe passend als periodisch-regulatorische Gefässbewegung bezeichnen.

Vielleicht kommt den Arterien noch eine zweite Art der Bewegung zu, nämlich die pulsatorische, die darin besteht, dass nach jeder pulsatorischen Erweiterung der Schlagader dieselbe sich activ zusammenzieht. Sie würde also zusammenfallen mit der Verzeichnung des absteigenden Curvenschenkels. Nach dem über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswellen Gesagten (pg. 157) müsste sich diese Contraction nach Art der Peristaltik mit derselben Schnelligkeit der Pulswellen centrifugal fortpflanzen. Doch soll besonders bemerkt werden, dass bis jetzt diese Art der Bewegung nicht sicher nachgewiesen ist.

Direct durch locale Application kann auf das Lumen der Gefässe eingewirkt werden, und zwar bringen Kälte und mässige elektrische Reizungen Verengerungen hervor, umgekehrt die Wärme und starke mechanische oder elektrische Reize (die letzteren beiden wohl nach kurz vorhergegangener Verengerung) Erweiterung.

Einfluss der Vasomotoren auf die Temperatur.

Von grosser Bedeutung ist der Einfluss der vasomotorischen Nerven auf die Temperatur, und zwar sowohl beschränkter Körpertheile, als auch des gesammten Leibes.

Locale Einwirkung.

1. Locale Wirkungen. Durchschneidung eines peripheren vasomotorischen Nerven [z. B. des N. sympathicus cervicalis (Cl. Bernard)], erweitert die betreffende von ihm versorgte Gefässprovinz, (da durch den intraarteriellen Druck die gelähmten Gefässwände leicht gedehnt werden). Hierdurch tritt sofort eine grössere Menge arteriellen Blutes in dieses Gebiet ein, wodurch eine Injections-Röthung entsteht und zugleich auch an Theilen, welche leicht abkühlen (wie das Ohr und die Gesichtshaut) eine erhöhte Temperatur. Durch die Wände der zugehörigen Capillaren findet vermehrte Transsudation statt. Innerhalb der erweiterten Gefässe ist natürlich die Geschwindigkeit des Blutstromes herabgesetzt, der Blutdruck erhöht; ferner fühlt man in ihnen, eben weil ihr Lumen weiter geworden ist, auch leichter den Pulsschlag. Bei der Verstärkung des Blutstromes kann das Blut hellroth in die Venen übertreten und selbst der Pulsschlag kann sich bis in die Venen verfolgen lassen (Cl. Bernard). Jede Reizung eines peripheren vaso-

motorischen Nerven hat die entgegengesetzten Erscheinungen, namentlich also auch Erblassen, verminderte Transsudation und Temperaturerniedrigung in den äusseren Bedeckungen zur Folge. Kleinere Arterien verengern sich bis zum völligen Verschwinden ihres Lumens. Anhaltende Reizung bedingt schliesslich Erschöpfung des Nerven und ruft damit zugleich die Zeichen der Lähmung der Gefässwand hervor.

Secundäre Folgen.

Die angegebenen Erscheinungen nach Lähmung vasomotorischer Nerven bleiben jedoch nicht für die Folge unverändert bestehen. Die Lähmung der Gefässmuskeln muss offenbar Stauungen der Blutbewegung zur Folge haben, da diesen ein wichtiger Factor an der normalen Fortbewegung des Blutes in den Gefässen zukommt. Die langsamere Blutbewegung bringt es mit sich, dass die von der Luft berührten Theile sich leichter abkühlen.

So kann sich an ein erstes Stadium der Temperatur erhöhung nach Durchschneidung der Vasomotoren ein zweites Stadium der Temperaturerniedrigung anschliessen. Ich kann nach zahlreichen Versuchen so die Beobachtung von Schiff bestätigen, dass bei Kaninchen, denen etwa vor Wochen ein Halssympathicus ausgerottet war, allemal das Ohr der intacten Seite wärmer war [und zwar wenn die Thiere lebhafter erregt waren, wodurch also ihr Kreislauf in den intacten Gefässpartien beschleunigter geworden]. — Sind, wie z. B. in gelähmten Extremitäten des Menschen, neben den Vasomotoren auch noch die Muskelnerven gelähmt, so wird die Extremität im Verlaufe auch noch deshalb kühler, weil die gelähmten Muskeln keine Wärme durch Contraction mehr erzeugen können (pg. 566), ferner weil die Erweiterung der Muskelgefässe, welche bei der Contraction der Muskeln jedesmal eintritt, wegfällt. Tritt endlich die Atrophie der gelähmten Muskeln ein, so werden auch die Gefässe in ihnen verkleinert. So erklärt es sich leicht, dass gelähmte Extremitäten beim Menschen in der Regel im weiteren Verlaufe sich kühl anfühlen, wie schon den älteren Forschern wohl bekannt war. Primär ist aber auch hier z. B. nach Durchschneidung des N. ischiadicus, oder nach Läsion des Plexus brachialis eine erhöhte Temperatur vorhanden.

Temperatur gelähmter Glieder.

Werden durch denselben Eingriff zu gleicher Zeit umfangreiche Gebiete der äusseren Bedeckungen vasomotorisch gelähmt (wie z. B. an der ganzen unteren Körperpartie nach Durchtrennung des Rückenmarkes), so wird von den erweiterten Gefässen so viel Wärme abgegeben, dass entweder eine Erwärmung an der Haut nur sehr kurze Zeit und in geringem Grade, oder dass sogar sofort eine Abkühlung beobachtet wird. So sahen einige Forscher (Tschetschichin, Naunyn, Quincke, Heidenhain) nach Trennung des Halsmarkes Temperaturerhöhung, Riegel vermisste dieselbe.

Einfluss der Vasomotoren auf die Temperatur des Gesammtkörpers.

2. Wirkungen auf die Temperatur des Gesammtkörpers. Reizungen oder Lähmungen von Gefässnerven innerhalb kleiner Gebiete haben auf die Temperatur des gesammten Körpers so gut wie keinen Einfluss. — Werden jedoch in umfangreichen Gebieten der äusseren Bedeckungen die Gefässe durch Lähmung ihrer Vasomotoren plötzlich erweitert, so sinkt die Temperatur des gesammten Körpers und zwar deshalb, weil von den erweiterten Gefässen viel mehr Wärme abgegeben wird, als unter normalen Verhältnissen. Dies ist z. B. der Fall bei allen hohen Rückenmarks-Durchtrennungen. — Im entgegengesetzten Falle der Reizung umfangreicher

Gebiete erhöht sich die Körpertemperatur, weil von den constringirten Gefässen viel weniger Wärme abgegeben wird. So erklärt sich auch die Fieberhitze zum Theil (pg. 410).

Einwirkung der Vasomotoren auf die Herzaction.

Auch die Herzthätigkeit, d. h. die Zahl und Energie der Herzcontractionen wird bedeutend beeinflusst von dem Erregungszustande der vasomotorischen Nerven. Sind letztere in grösseren Gebieten gelähmt, so erweitern sich die muskelhaltigen Blutbahnen und das Blut selbst wird dem Herzen nicht in gewohnter Schnelligkeit und Reichhaltigkeit zufliessen, da ja der Druck, unter welchem dasselbe fliesst, ein bedeutend geringerer geworden ist. Die Folge davon ist, dass das Herz äusserst kleine, langsame und mühsame Contractionen vollführt, einem theilweise lahmgelegten Pumpwerke ähnlich, dem nicht hinreichend Stoff zur Weiterbeförderung zufliesst (Goltz). Stricker sah sogar das Herz des Hundes stillstehen, dem er das Mark vom 1. Hals- bis 8. Rückenwirbel exstirpirt hatte. Umgekehrt wissen wir, dass bei Reizung der Vasomotoren in Folge der hierdurch bedingten Verengerungen der muskelhaltigen Gefässröhren der Blutdruck erheblich steigt. Da der arterielle Druck bis zum linken Ventrikel wirksam ist, so hat derselbe als mechanischer Reiz der Herzwandung eine gesteigerte Herzaction nach Zahl und Stärke zur Folge. Hierdurch erhält der Kreislauf (der schon durch die Drucksteigerung im arteriellen Gebiete in Folge der Arterienverengerung beschleunigt war) vermehrte Beschleunigung (Heidenhain, Slavjansky und Ludwig).

Innere Verblutung nach Splanchnicus-Durchschneidung.

Das weitaus umfangreichste Gebiet der Gefässbahnen beherrscht mit seinen vasomotorischen Röhren der N. splanchnicus, da er die mächtigen Stämme aller Unterleibsarterien innervirt (pg. 292). Reizung desselben hat daher bedeutende Steigerung des Blutdruckes zur Folge. Umgekehrt findet bei Lähmung desselben eine so grosse Blutanstauung in den erweiterten Abdominalgefässen statt, dass alle übrigen Körpertheile hierdurch anämisch werden, und dass sogar der Tod hiernach, also gewissermassen in Folge einer intravasculären Verblutung eintritt (v. Bezold, Cyon und Ludwig). [Aus gleichem Grunde sterben auch anämisch Thiere nach Unterbindung der Pfortader (Ludwig und Thiry).]

Einfluss der Gefässnerven auf die Ernährung.

Besondere Beachtung verdienen noch die trophischen Störungen, welche die Affectionen der Gefässnerven begleiten. Die Lähmung der Vasomotoren ruft neben Gefässerweiterung und localer Erhöhuug des Blutdruckes auch vermehrte Transsudation aus den Capillaren hervor. Durch den Wegfall der activ wirksamen Muskelaction an den Gefässen verlangsamt und staut sich der Blutstrom; in Folge dessen entstehen Ausweitung der Capillaren, in denen das langsam strömende Blut stark venös wird, wodurch die livide Färbung der Haut entsteht. Ferner zeigen sich Behinderung der normalen Transspiration, daher Trockenheit der Epidermis, oft auch Abschuppung und Rissigwerden derselben. Passive Hyperämien, Neigung zu Verstopfung der Capillaren und zur Thrombenbildung in den Venen neben passiven Transsudationen und ödematösen Anschwellungen sind nicht selten. Auch die Haare und Nägel leiden leicht in dem normalen Wachsthum, die Haut zeigt leichtere Vulnerabilität, und auch alle übrigen Gewebe können in ihrer Ernährung leiden. — In Folge dauernder Reizung vasomotorischer Nerven wird das durch die betreffenden Gefässe strömende Blut vermindert und es lässt sich denken, dass hierbei

Ernährungsstörungen in den zu versorgenden Theilen auftreten. Doch ist hierüber bisher wenig Zuverlässiges ermittelt.

Untergeordnete Vasomotoren-Centra des Rückenmarkes.

Ausser dem in der Oblongata belegenen dominirenden allgemeinen Vasomotorencentrum sind die Gefässe noch untergeordneten Centren im Grau des Rückenmarkes unterworfen. Man erkennt dies durch folgende Beobachtung: wird einem Thiere das Rückenmark durchtrennt, so erweitern sich zunächst (in Folge der Trennung der Vasomotoren von der Oblongata) alle abwärts versorgten Gefässe paralytisch. Bleibt das Thier am Leben, so erlangen jedoch nach einigen Tagen die Gefässe wieder ihr früheres Caliber, und die rhythmischen Bewegungen ihrer Muskelwände werden nunmehr geleitet von den in dem unteren Rückenmarksende liegenden vasomotorischen untergeordneten Centren (Goltz, Vulpian). Wird nunmehr das untere Rückenmarksende zermalmt, so erweitern sich, durch Vernichtung der subordinirten Centra, abermals die Gefässe paralytisch. — Aber auch jetzt weicht bei dem überlebenden Thiere allmählich die Erweiterung wieder einer normalen Verengerung und rhythmischen Bewegung; und nunmehr wird diese Bewegung der Gefässwand geleitet von den überall an derselben zerstreut angetroffenen Ganglien. Letztere vermögen also ähnlich den Ganglienzellen des Herzens auch für sich allein noch die Bewegungen der Gefässwand zu unterhalten. [Sogar die Gefässe ausgeschnittener überlebender Nieren, welche man von Blut durchströmen liess, zeigten diese periodischen Schwankungen ihres Calibers (Ludwig und Mosso).] — Immerhin scheinen jedoch die Gefässwände nach dieser Reihe von Eingriffen nicht wieder die vollendete Beweglichkeit und Reactionsfähigkeit zu erlangen, die sie unter normalen Verhältnissen besitzen.

Die peripheren Centra der Vasomotoren in den Gefässganglien.

Durch die Vermittelung dieser peripheren Gefässganglien scheinen auch die Bewegungen der Gefässe zu Stande zu kommen, welche bei Anwendung directer mechanischer, chemischer und elektrischer Reize auf die Gefässe sich zeigen. Die Arterien verengern sich oft bis zum Verschwinden des Lumens, die Venen und Capillaren verhalten sich scheinbar unthätig. Mitunter folgt auf den Reiz primäre Erweiterung.

Einfluss des Gehirns auf die Gefässnerven.

Endlich hat zweifellos das Grosshirn einen Einfluss auf das vasomotorische Centrum, wie das plötzliche Erblassen der äusseren Bedeckungen bei psychischen Erregungen (Schreck, Angst) zeigt. Diese Beobachtung hat ihre befriedigende Erklärung in der von Eulenburg und mir gemachten Entdeckung gefunden, dass in der grauen Rinde des Grosshirns (am Sulcus cruciatus, beim Hunde; siehe unten) eine umschriebene Stelle existirt, deren Reizung Abkühlung, deren Zerstörung Erwärmung der contralateralen Extremitäten zur Folge hat. Von dieser Stelle werden also Fasern zum Centrum in der Oblongata hin verlaufen, welches sie entweder zur verstärkten oder zur schwächeren Thätigkeit stimmen. So erklärt es sich

auch, wie ich mit Budge beobachten konnte, dass Reizung des Pedunculus cerebri alle Gefässe zur Contraction brachte.

Partialbezirke des vasomotorischen Centrums.

Wenngleich in der Oblongata ein für alle Gefässe gemeinsam wirkendes dominirendes Vasomotorencentrum vorhanden ist, so ist doch anzunehmen, dass dasselbe in eine Anzahl dicht zusammenliegender Centralpunkte zerfällt, die für sich bestimmte Provinzen der Gefässe beherrschen. Bekannt geworden sind in dieser Beziehung die Centra der Lebergefässe und der Nierengefässe. Ueber ersteres ist pg. 315, über letzteres pg. 509 eingehend berichtet.

Die Angioneurosen.

Pathologisches. Störungen im Gebiete der Gefässnerven (Angioneurosen) bilden eine wichtige Gruppe von Erscheinungen, die in verschiedenen Formen auftreten können. Angriffspunkte der abnormen Gefässnervenerregungen können entweder die an den Gefässen selbst verbreitet liegenden localen Ganglien abgeben, oder die spinalen Centra nebst dem dominirenden Oblongatacentrum, oder endlich die corticalen Gefässcentra des Grosshirns. Die Einwirkung kann ferner entweder direct geschehen, oder auf dem Wege des Reflexes. Conform den Erscheinungen des physiologischen Experimentes werden Reizungen der Gefässnerven Contraction der Blutbahnen, Blässe und Temperaturabnahme der Bedeckungen und verminderte Diffusion in die Gewebe zur Folge haben; — umgekehrt müssen Lähmungen neben Erweiterung der Gefässe, Wärme und Röthe der Bedeckungen, sowie vermehrte Ausschwitzung in die Gewebe nach sich ziehen. Die letzteren Erscheinungen können allerdings auch die Folge von Reizung der Vasodilatatoren sein; und es ist daher im gegebenen Falle Sache des Arztes, zu prüfen, ob die vorliegenden Erscheinungen als Reizung der erweiternden, oder als Lähmung der verengenden Gefässnerven aufzufassen sind.

Angioneurosen der Haut.

Im Gebiete der Haut tritt die Affection der Gefässnerven einmal als diffuses Erröthen oder Erblassen auf. Es kommt aber auch zu circumscripten Affectionen: hierher gehört der durch Reizung einzelner Gefässnerven entstehende locale cutane Arteriospasmus (Nothnagel). Weiterhin treten aber auch im Gefolge zahlreicher acuter fieberhafter Krankheiten auf der Haut (nach vorhergegangener initiarer heftiger Reizung der Vasomotoren, zumal im Fieberfroste) verschiedene Formen von Lähmungserscheinungen der cutanen Gefässnerven hervor: entweder einfache herdweise auftretende Röthungen, oder vermehrte Transsudation aus den gelähmten Gefässen unter Bildung von Quaddeln, oder selbst Austritt weisser und rother Blutkörperchen aus den gelähmten, stark erweiterten Gefässbezirken. Auch bei Menschen, die an Epilepsie oder anderen schweren Nervenkrankheiten leiden, hat man mitunter eigenthümliche landkartenartige rothe angioparalytische Flecke beobachtet (Trousseau's Tâches cérébrales).

Hemikranie.

Zu den Angioneurosen circumscripter Gebiete gehört der einseitige Krampf der Carotidenzweige am Kopfe, der mit hochgradigem Kopfschmerze einhergeht, die Hemikrania sympathico-tonica (Du Bois-Reymond). Hier ist der Halssympathicus intensiv gereizt: bleiche, verfallene, kühle Gesichtshälfte, strangartige Contraction der A. temporalis, Erweiterung der Pupille, Entleerung zähen Speichels (Berger) sind untrügliche Zeichen dieser Affection. Eulenburg hat der geschilderten Form die Hemikrania sympathico-paralytica gegenübergestellt, bei welcher sich auf der Höhe des Anfalles unter den Zeichen der Lähmung des Sympathicus die entgegengesetzten Symptome zeigen. Diese Form kann sich auch unmittelbar an die erste anschliessen, als Lähmung nach intensiver Reizung; ja Berger sah beide Formen sogar abwechseln.

Basedow'sche Krankheit.

Als eine merkwürdige Affection des Sympathicus, bei welcher die Gefässnerven betheiligt sind, ist die Basedow'sche Krankheit zu nennen, bei welcher sich nach einander Herzklopfen (90—120—200 Schläge in einer Minute), Schwellung der Schilddrüse (Struma) und Hervortreten der Bulbi (Exophthalmus) bei mangelhafter Mitbewegung des oberen Augenlides während Hebung und Senkung der Blickebene entwickeln. Vielleicht handelt es sich bei

dieser räthselhaften Krankheit um eine gleichzeitige Reizung des N. accelerans cordis (pg. 731), der motorischen Fäden für die H. Müller'schen Muskeln der Orbita und der Lider (pg. 670) [vielleicht auch der Fäden für die von Sappey in der Orbitalaponeurose entdeckten glatten Muskeln], sowie der Vasodilatatoren der Schilddrüsengefässe. Das Leiden könnte entstehen entweder durch directe Reizung der genannten Sympathicusbahnen, oder ihrer spinalen Ursprungsbezirke, oder endlich könnte es sich auch um eine reflectorische Erregung handeln.

Angina pectoris vasomotoria.

Als Angina pectoris vasomotoria habe ich (1866) eine anfallsweise auftretende Affection entweder der gesammten oder doch zahlreicher Gefässnerven beschrieben. In Folge einer intensiven Erregung ziehen sich diese zusammen, die Arterien sind hart und dünn, die Haut zumal an Händen und Füssen erblasst und ist kalt zugleich unter Kribbeln und Prickeln in den Fingerspitzen. Der durch die Gefässcontraction gesteigerte Blutdruck bewirkt enorme Pulsbeschleunigung (pg. 737); dabei zeigt sich das Gefühl der Oppression, des Schwindels, der Angst, des Erlöschens der Lebensfunctionen und selbst schmerzhaften Herzklopfens.

Viscerale Angioneurosen.

Das Auftreten plötzlicher Hyperämien mit Transsudationen und Ecchymosen in einzelnen Brust- oder Bauchorganen muss gleichfalls auf angioneuratische Basis bezogen werden. Es sei hier daran erinnert, dass Schiff, Brown-Séquard u. A. nach Verletzung des Pons, Corpus striatum und Thalamus Hyperämien und Blutergüsse in den Lungen, Pleuren, Intestinum und Nieren sahen. Quetschung oder Durchschneidung einer Pons-Hälfte soll nach Brown-Séquard besonders Blutergüsse in der gegenüberliegenden Lunge bewirken; derselbe sah nach Verletzung des Lumbalmarkes Blutergüsse in den Nierenkapseln.

Die Abhängigkeit der Zuckerharnruhr von vasomotorischen Einflüssen ist pg. 315 besprochen, die Wirkung der Vasomotoren auf die Harnsecretion pg. 509. — Die Wirkung des Fiebers auf die Gefässnerven zeigt sich in Form des Reizes an der blossen Haut im Fieberfroste, als consecutive Lähmung an der Röthung derselben (vgl. pg. 410).

Wirksame Gifte.

Endlich sei noch erwähnt, dass manche Gifte die Vasomotoren vornehmlich erregen, wie: Ergotin, Gerbsäure, Copaivbalsam und Cubeben, — andere erst erregen, dann lähmen, wie Chloralhydrat (Rajewsky und Hamarsten), Morphin, Laudanosin, Digitalin, Veratrin, Nicotin, Calabar, Alkohol — andere dieselben schnell lähmen, wie Amylnitrit, CO (pg. 41), Atropin (Surminsky). — Die lähmende Wirkung der Gifte wird daran erkannt, dass nach Durchschneidung oder Lähmung des Herzvagus und des Accelerans weder die pressorisch noch depressorisch wirksamen Nerven gereizt irgend einen Erfolg mehr haben. — Auch mancherlei ansteckende, krankmachende Agentien haben eine Wirkung auf die Gefässnerven.

374. Centrum der Vasodilatatoren und die vasodilatatorischen Nerven.

Die Lage des Centrums ist unermittelt.

Wenngleich ein Centrum der vasodilatatorischen Nerven noch nicht nachgewiesen ist, so kann dennoch die Existenz eines solchen in der Oblongata vermuthet werden. Es würde also dem Vasomotorencentrum antagonistisch entgegenstehen. Das Centrum ist jedenfalls nicht in dauernder (tonischer) Erregung. Die vasodilatatorischen Nerven verhalten sich in ihrer Function völlig ähnlich dem Herzvagus: beide bewirken also gereizt Erschlaffung im Zustande der Ruhe. Man kann die Nerven daher auch passend als Gefässhemmungsnerven bezeichnen; (andere Bezeichnungen sind noch vasohypo-

tonisirende oder gefässerweiternde oder gefässerschlaffende Nerven).

Zuerst haben Schiff und Cl. Bernard die Aufmerksamkeit auf diese Nerven gelenkt. Zu einzelnen Organen verlaufen dieselben als besondere Nerven, zu anderen Körpertheilen treten sie jedoch gemischt mit Vasomotoren. — Zur Glandula submaxillaris und sublingualis verlaufen die Gefässerweiterer in der Chorda tympani (pg. 678), ebenso für die vordere Zungenpartie (pg. 679; Vulpian), — für den hinteren Zungentheil führt sie der Glossopharyngeus (pg. 684, 4; Vulpian); vielleicht enthält sie für die Nieren der Vagus (pg. 510). Reizung der aus dem Sacralgeflechte hervorgehenden Nn. erigentes bewirkt Erweiterung der Penisarterien nebst Füllung der Corpora cavernosa (Eckhard, Lovén). Eckhard fand, dass diese Erection auch aufwärts durch Reizung des Rückenmarkes, der Brücke bis zu den Pedunculi erzeugt werden kann, woraus sich die Erscheinung des Priapismus bei pathologischen Reizzuständen dieser Gegenden erklärt.

Verlauf der vasodilatatorischen Nerven.

Die Muskeln erhalten die erweiternden Fasern ihrer Gefässe durch die Stämme der motorischen Nerven; werden die Muskelnerven oder das Rückenmark gereizt, so erweitern sich während der Contraction der Muskelfasern die Lumina der Gefässe (C. Ludwig nebst Sczelkow, Hafiz, Gaskell); die letztere Erscheinung zeigt sich selbst dann, wenn die Muskeln an der Contraction verhindert werden. — Goltz zeigte, dass in den Extremitätenstämmen, z. B. im Ischiadicus neben einander Vasomotoren und Vasodilatatoren belegen sind. Wird dieser Nerv nach der Durchschneidung sofort peripherisch gereizt, so überwiegt die Wirkung der Vasomotoren. Reizt man aber den peripheren Stumpf nach einigen Tagen (innerhalb derer die Vasomotoren ihre Erregbarkeit verloren haben), so erweitern sich die Gefässe durch die nunmehr alleinige Wirkung der Gefässerweiterer. Reize, welche in längeren Zwischenräumen den Nerven treffen, reizen vornehmlich die Gefässerweiterer; tetanisirende Reize jedoch erregen die Vasoconstrictoren. [Der Ischiadicus erhält beide Nervenfasern durch Vermittelung des Sympathicus.]

Die mitgetheilten Erscheinungen (welche von Goltz, Heidenhain und Ostroumoff, Putzeys und Tarchanoff, Kendall und Luchsinger ermittelt wurden) erklären sich so, dass man annimmt: die an den Gefässen liegenden motorischen Ganglien (entsprechend den automatischen Herzganglien) werden von beiden Arten der Gefässnerven beeinflusst: es bewirken nämlich die Vasomotoren eine Anregung, die Vasodilatatoren eine Hemmung der Thätigkeit dieser Ganglien.

Bei der Analyse der Erscheinungen an den Gefässen wird vor Allem darauf zu achten sein, ob etwa vorhandene, vom Nerveneinfluss herrührende Erweiterungen entweder die Folge einer Reizung der Vasodilatatoren, oder einer Lähmung der Vasoconstrictoren seien. Es ist dies für die Deutung auch pathologischer Erscheinungen von grossem Belang. — Auch psychische Einflüsse können auf das Centrum der Vasodilatatoren wirken: so ist die Schamröthe (die sich nicht allein auf das Antlitz erstreckt, sondern sich auf die ganze Haut erstreckt) wahrscheinlich Folge der Erregung des Dilatatorencentrums.

Die gefässerweiternden Nerven haben offenbar einen bedeutenden Einfluss auf die Körpertemperatur und auf die Wärme der einzelnen Körpertheile, der sich nach dem, was über den bezüglichen Einfluss der Vasoconstrictoren gesagt wurde, ableiten lässt.

Einfluss auf die Temperatur.

Es ist nicht zu leugnen, dass beide Gefässnervencentra einen wichtigen Regulator für die Wärmeabgabe durch die Gefässe der Haut darstellen (pg. 398). Wahrscheinlich werden sie reflectorisch durch sensible Nerven in Thätigkeit erhalten. Störungen in der Function dieser Centra können zu einer abnormen Aufspeicherung der Wärme führen (wie im Fieber, pg. 409), oder zu abnormer Abkühlung (pg. 396, 7). — Es soll jedoch betont werden, dass einige Forscher noch ein besonderes intracranielles Wärmeregulirungs - Centrum annehmen (Tschetschichin, Naunyn, Quincke), dessen Lage nicht bekannt ist.

375. Das Krampfcentrum. Das Schweisscentrum.

Krampfcentrum.

In der Medulla oblongata ist ein Centrum belegen, dessen Reizung allgemeine Convulsionen hervorruft. Das Centrum kann erregt werden, durch plötzlich bereitete hochgradige Venösität des Blutes („Erstickungskrämpfe" z. B. Erdrosselter), ferner durch plötzliche Anämie der Medulla oblongata entweder in Folge schneller Verblutung oder nach momentaner Unterbindung beider Carotiden und Subclavien [„Verblutungs- oder anämische Krämpfe" (Kussmaul und Tenner)], endlich auch durch Bewirkung plötzlicher venöser Stagnation durch Constriction der vom Kopfe herkommenden Venen (L. Landois, L. Hermann und Escher). In allen diesen Fällen wird die Reizung des Centrums zu suchen sein in dem plötzlich unterbrochenen normalen Gaswechsel. Wirken diese Momente ganz allmählich ein, so kann der Tod erfolgen, ohne dass es zu Convulsionen kommt, wie es ja der unterbrochene Gaswechsel beim Eintritt eines jeden ruhigen Todes zeigt. — Endlich ist seit Alters bekannt, dass intensive directe Reizungen der Medulla oblongata (z. B. plötzliche Zermalmung derselben) allgemeine Convulsionen hervorrufen.

Nothnagel hat durch directe Reizung der Oblongata beim Kaninchen die Ausdehnung des Krampfcentrums zu begrenzen gesucht: nach ihm erstreckt sich dasselbe von dem Bereiche oberhalb der Ala cinerea aufwärts bis an die Vierhügel. Seine Breite begrenzen aussen der Locus coeruleus nebst dem Tuberculum acusticum, innen die rundlichen Erhabenheiten. Beim Frosche bestimmt Heubel die Lage in der unteren Hälfte der 4. Hirnhöhle.

Das Centrum wird in Mitleidenschaft gezogen bei dem ausgebreiteten Reflexkrampfe (pg. 704), wie er bei excessiver Erregbarkeit der grauen Substanz des Rückenmarkes und des damit im Zusammenhange stehenden Krampfcentrums eintritt, z. B. unter der Einwirkung der Strychninvergiftung oder des Wuthgiftes.

Zahlreiche anorganische wie organische Gifte: die meisten Herzgifte, Nicotin, Pikrotoxin, die Ammoniakalien (pg. 510) und die Baryumverbindungen tödten nach voraufgegangenen Convulsionen, indem sie reizend auf das Krampfcentrum wirken.

Entstehung epileptischer Krämpfe.

Pathologisches. Schon Schröder van der Kolk hatte darauf hingewiesen, dass bei den allgemeinen Krämpfen der Fallsüchtigen der Sitz der Erregung innerhalb der Medulla oblongata belegen sei, deren Gefässe er wiederholt erweitert und vermehrt fand, so dass sie zumal bei starker Füllung mechanisch reizend auf die Nervensubstanz der Oblongata wirken mussten. Unter solchen Verhältnissen wird sich die Medulla oblongata im Zustande erhöhter Erregbarkeit befinden. Nun ist es nach dem, bei Besprechung des vasomotorischen Centrums Mitgetheilten erwiesen, dass Reizung sensibler Nerven sowohl eine plötzliche Verengerung [Nothnagel sah z. B. nach Ischiadicusreizung Contraction der Piagefässe], als auch eine Erweiterung der Gefässe (Lovén) nach sich ziehen kann. Findet dies an den Gefässen der Oblongata statt, so wird plötzliche Anämie oder momentane Blutüberfüllung in derselben sich ausbilden. Beide Zustände vermögen aber die Medulla oblongata so zu reizen, dass fallsuchtartige Anfälle die Folge sind. Es kommt nun bei allgemeinen (epileptischen) Krämpfen oft vor, dass man deutlich den Nerven nachweisen kann, dessen Erregung die Gefässveränderung nach sich zieht. Man kennt seit Alters die eigenthümliche Empfindung (Aura), die in einem solchen Nerven vor Ausbruch der Krämpfe sich zeigt. [Nicht selten sind solche Nerven Sitz abnormer Erregungen, daher die Durchschneidung derselben oder die Dehnung (pg. 622) die Ursache der Krämpfe beseitigen kann.]

So scheint die Mehrzahl der Fälle von Epilepsie, welche der Reizung centripetalleitender Nerven ihren Ursprung verdanken und somit oft von einer deutlichen Aura angezeigt werden, der Wirkung der Gefässnerven zugesprochen werden zu müssen (Eulenburg und Landois). — Natürlich kann auch durch directe anderweitige Reizung der Medulla oblongata der Ausbruch von Krämpfen bewirkt werden. — Auch directe Gehirnreizung vermag epileptische Convulsionen zu erzeugen. Eine Betheiligung vasomotorischer Nerven ist wohl nicht völlig ausgeschlossen, da nach Eulenburg's und meinen Versuchen die vasomotorischen Nerven der gegenüberliegenden Körperhälfte durch bestimmte Gebiete der Oberfläche der Grosshirnrinde erregbar befunden sind. Doch ist eine Mitwirkung der diesen Punkten nahe liegenden motorischen Zone der Rinde deshalb sehr wahrscheinlich, da Fritsch und Hitzig, Ferrier, Eulenburg und ich wiederholt nach stärkerer Reizung dieser motorischen Rindengebiete den Ausbruch epileptischer Convulsionen bei Hunden beobachten konnten. Auch Hughlings-Jackson zeigte an klinischen und pathologischen Beobachtungen, dass gewisse convulsivische Bewegungen der einen Körperseite durch krankhafte localisirte Reizung der Rinde der contralateralen Hemisphäre in der Nähe des Corpus striatum hervorgerufen werden.

Schweiss-centrum.

Ein dominirendes Centrum für die Schweissabsonderung der ganzen Körperoberfläche, welchem die localen Rückenmarkscentra untergeordnet sind, befindet sich in der Medulla oblongata (Adamkiewicz, Marmé, Nawrocki). Dasselbe ist doppelseitig und in den seltenen Fällen halbseitigen Schwitzens (pg. 533, 2) von ungleicher Erregbarkeit.

Calabar, Nicotin, Pikrotoxin (Luchsinger), Campher, Ammonium aceticum (Marmé) wirken direct auf das Schweisscentrum schweisserregend, Muscarin bewirkt locale Reizung der peripheren Schweissfasern, es ruft also selbst Schwitzen der Hinterpfote hervor nach Ischiadicusdurchschneidung; Atropin hebt die Muscarinwirkung auf (Ott, Wood Field, Nawrocki).

376. Psychische Functionen des Grosshirns.

Das Grosshirn als Sitz der psychischen Functionen.

Die Hemisphären des Grosshirns sind der Sitz aller psychischen Thätigkeiten. Nur bei Intactheit derselben ist der Vorgang des Denkens, des Fühlens und des Wollens möglich. Nach Zerstörung derselben sinkt der Organismus auf den Werth einer complicirten Maschine zurück, deren ganze Thätigkeit nur noch als der Ausdruck der auf dieselben einwirkenden inneren und äusseren Reize gelten kann. Die psychischen Thätigkeiten scheinen in beiden Halbkugeln localisirt zu sein, und zwar so, dass nach umfangreicher Verletzung der einen Halbkugel die andere, oder nach Verletzung auf beiden Seiten die noch erhaltene Gehirnsubstanz vicariirend einzutreten vermag. — Der Intensität der psychischen Processe entsprechend geht der Stoffwechsel der Nervensubstanz parallel (pg. 487).

Beobachtungen beim Menschen.

Fälle, in denen bei umfangreicher einseitiger Zerstörung einer Halbkugel die psychischen Thätigkeiten anscheinend nicht gelitten hatten, sind nicht selten. Ein von Longet mitgetheilter sei hier erwähnt: Einem 16jährigen Jüngling wurde durch einen Steinfall das eine Scheitelbein eingeschlagen, so dass beim Verbande ein Theil der hervorgequollenen Gehirnmasse abgetragen werden musste. Bei Erneuerung des Verbandes musste abermals Gehirnmasse entfernt werden. Nach 18 Tagen fiel der Kranke aus seinem Bette, abermals quoll Hirn hervor, das weggenommen werden musste. Am 35. Tage betrank

sich der Mensch, riss den Verband ab und mit dem letzteren zugleich abermals Gehirnmasse. Der Arzt schätzte den nun in der Wunde liegenden Theil bereits nahe dem Balken! Als der Mensch später genesen war, soll seine Intelligenz erhalten gewesen sein. (Er blieb allein hemiplectisch.) — Auch wenn beide Hemisphären in mässiger Ausdehnung zerstört sind, kann die Intelligenz scheinbar intact sein; so beschreibt Trousseau einen Fall, bei welchem einem Officier eine Kugel quer durch den Vorderkopf gegangen war. Es war in körperlichen und geistigen Fähigkeiten kaum eine Beeinträchtigung wahrzunehmen. — In anderen Fällen umfangreicher Zerstörungen sah man eigenthümliche Veränderungen im Charakter der Afficirten. — Ich meine, mit der Behauptung, die psychischen Fähigkeiten seien in allen solchen Fällen intact geblieben, solle man doch sehr vorsichtig sein. da es ja offenbar unendlich schwer sein wird, zu ermitteln, inwieweit dieselben nach den verschiedenen Richtungen hin vor dem Unfalle entwickelt waren.

Bildungsfehler des Grosshirnes, wie Mikrocephalie, Hydrocephalus bedingen einen Ausfall oder eine Herabsetzung der geistigen Fähigkeiten bis zum völligen Idiotismus und tiefsten Blödsinn. Umfangreiche Entzündungen, Entartungen, Druck, Blutleere der Hirngefässe, ferner auch die Einwirkung betäubender Mittel heben dieselben völlig auf.

Flourens' Lehre.

Inwieweit die Hemisphären in ihren Thätigkeiten wirksam sind, ist zur Zeit ein völliges Räthsel. Flourens nahm an, dass die Halbkugeln an einer jeden Leistung in ihrer ganzen Ausdehnung Theil nähmen. Daher genügt (nach seinen Versuchen an Tauben) selbst ein intact übrig gebliebener geringer Theil der Halbkugeln zur Aufrechterhaltung aller Functionen. In demselben Masse, in welchem man die Hemisphären abtrage, schwächen sich alle Functionen des Grosshirns, wird letzteres ganz eliminirt, so fallen alle Fähigkeiten aus. Daher sollen weder die verschiedenen Fähigkeiten, noch die verschiedenen Wahrnehmungen an besonderen Stellen localisirt sein. Goltz schliesst sich an Flourens an, dass ein unversehrt übrig gebliebener Rest gleichartiger Hirnsubstanz bis zu einem gewissen Grade die Functionen des verloren gegangenen Stückes übernehmen kann. Dieses Vermögen der Hirntheile, für ein verloren gegangenes anderes vicariirend eintreten zu können, nennt Vulpian: Loi de suppléance (Gesetz der functionären Stellvertretung).

Das phrenologische Grundgesetz.

Der Auffassung von Flourens gegenüber sei an die „phrenologischen" Lehren von Gall erinnert († 1828), nach welchen in dem Gehirne die verschiedenen geistigen Fähigkeiten an ganz bestimmten Stellen localisirt seien. Einer hervorstechenden Fähigkeit entspreche allemal eine voluminösere Entwickelung der betreffenden Stelle der Hirnrinde, die sogar äusserlich an der Configuration des Schädels erkannt werden soll (Cranioskopie). So wurden den verschiedenen geistigen Fähigkeiten gewisse Terrains auf der Hirnrinde angewiesen. Spurzheim, der das System seines Freundes erweiterte, stellte folgende Kategorien anf: die erste Classe umfasste die Empfindungen, welche die Triebe und die Gefühle in sich schloss; die zweite Classe begriff die Verstandesfähigkeiten, zu denen er das Erkenntnissvermögen und das Denkvermögen zählte. Wenngleich auch in den Einzelausführungen dieses Systemes vielfache Willkürlichkeiten, offenbare Mängel und unleugbare Fehler hervortreten, so ist dennoch die Frage ernster Erwägung werth, ob der Grundgedanke des Systemes ebenfalls so völlig zu verwerfen sei. Die Entdeckung der Localisation der vom Willen geleiteten Bewegungen und der bewussten Empfindungen im Grosshirn weist mit Nothwendigkeit auf eine erneute Prüfung des phrenologischen Systemes hin.

Exstirpation des Grosshirns.

Nach Wegnahme beider Grosshirnhemisphären hört jede willkürlich und bewusst ausgeführte Bewegung, ebenso jede bewusste Empfindung und sinnliche Wahrnehmung vollkommen auf. Dahingegen ist in vollendeter Weise die gesammte Mechanik, die Harmonie und das Gleichgewicht der Bewegungen verblieben. Letzteres Vermögen ist im Mittelhirne localisirt und wird durch wichtige

Reflexbahnen geleitet (pg. 718). Das Mittelhirn steht nicht allein mit der grauen Substanz des Rücken- und verlängerten Markes in Verbindung, dem Sitze der ausgebreiteten geordneten Reflexe (pg. 720), sondern es enthält auch Fasern, die von den höheren Sinnesorganen herkommen, die ebenfalls reflexerregend auf die Bewegungen einwirken können. Endlich liegen im Mittelhirn Hemmungsapparate von Reflexen (pg. 707). Die Zusammenwirkung aller dieser Theile macht das Mittelhirn zu einem leitenden Organ für die harmonische Ausführung der Bewegungen und zwar in einem höheren Grade, als dies die Medulla oblongata ist (Goltz). Es gibt sich dieses namentlich daran zu erkennen, dass Thiere mit erhaltenem Mittelhirn unter verschiedenartigen Verhältnissen die Gleichgewichtslage ihres Körpers zu erhalten vermögen, dessen sie sofort verlustig werden, sobald ihnen das Mittelhirn zerstört ist (Goltz).

Die Bedeutung des Zusammenwirkens des Hautgefühles und der Sinneserregungen für die Erhaltung des Gleichgewichtes gibt sich in Folgendem zu erkennen. Der enthirnte Frosch verliert sofort sein Balancirvermögen, sobald ihm die Haut der Hinterbeine abgezogen wird. Der Einfluss der Gesichtseindrücke wird erkannt aus dem Unvermögen das Gleichgewicht zu erhalten, welches beim Nystagmus (pg. 666) beobachtet wird, und aus dem Schwindel, welcher die Lähmungen der äusseren Augenmuskeln oft begleitet. Bei Menschen mit gesunkener Hautsensibilität sind die Augen die Hauptstützen für die Erhaltung des Gleichgewichtes: sie stürzen um, wenn sie die Augen schliessen. Ueber die Beziehung des N. acusticus zur Erhaltung des Gleichgewichtes ist pg. 682 ausführlich berichtet.

Beobachtung am Frosche.

Der Frosch mit exstirpirtem Grosshirn behält in jeder Lage und Stellung das harmonische Gleichgewicht des Körpers und der Glieder bei: auf den Rücken gelegt, dreht er sich sofort wieder um, gereizt springt er einen oder zwei Sprünge von dannen, in's Wasser geworfen schwimmt er bis zum Rande des Behälters, steigt auf diesen hinauf und bleibt hier ruhig sitzen. Unter den complicirtesten incitirenden Verhältnissen zeigt er volle Beherrschung, Harmonie und Einheitlichkeit seiner Bewegungen. Allein ohne äussere Reizung macht er niemals selbstständig willkürliche, absichtlich intendirte Bewegungen. Er sitzt vielmehr immerfort wie im Schlafe an derselben Stelle, er nimmt keine Nahrung, er hat kein bewusstes Hunger- und Durstgefühl, er zeigt keine Furcht, und vertrocknet schliesslich an derselben Stelle bis zur Mumie. — Aehnlich verhält sich die Taube mit entfernten Halbkugeln des Grosshirnes. Ungereizt sitzt sie beständig wie im Schlafe, jedoch zeigt sie angetrieben die völlige Harmonie aller Bewegungen beim Gehen, Fliegen, Ankrallen, Körperbalanciren. Die Gefühlsnerven und Sinnesnerven leiten zwar noch die Impulse zum Hirne, allein sie vermögen nur Reflexbewegungen auszulösen, bewusste Empfindungen vermögen sie nicht mehr zu veranlassen. Daher fährt der Vogel zusammen, wenn neben ihm geschossen wird, sein Auge blinzelt bei Annäherung einer Flamme und die Pupillen verengen sich, er wendet den Kopf ab, wenn Ammoniakdämpfe die Nase treffen. Allein alle diese Anregungen werden nicht bewusst als solche empfunden. Vorstellung, Wille, Gedächtniss sind dahin; das Thier nimmt spontan nicht Speise noch Trank. Werden letztere in den Rachen gebracht, so schluckt es; auf solche Weise kann es Monate lang erhalten werden (Flourens, Longet, Goltz, Vulpian, Lussana u. A.)

Beobachtung an der Taube.

Beobachtungen am Säugethiere.

Säugethiere (Kaninchen) eignen sich wegen Auftreten bedeutender Blutungen nicht zur Exstirpation des Grosshirns; sie zeigen anfangs nach der Operation hochgradige Muskelschwäche. Haben sie sich erholt, so bieten sie im Ganzen das geschilderte Verhalten dar, nur rennen sie, gereizt, blindlings

davon, bis sie gegen einen Widerstand prallen. Vulpian macht auf einen besonders klagenden Schrei aufmerksam, den das sensibel gereizte Kaninchen ausstösst. (Ich erinnere hier daran, dass auch beim Menschen, denen in Folge von Entzündung, Druck u. dgl. die Grosshirnhemisphären functionsunfähig geworden sind, eigenthümliches Aufschreien als charakteristisch bezeichnet wird.)

Die Beobachtungen an Nachtwandlern zeigen, dass auch beim Menschen die volle Harmonie aller Bewegungen ohne Beihilfe bewussten Willens oder bewusster Empfindung und Wahrnehmung statthaben kann. Aber auch die meisten unserer gewöhnlichen Bewegungen im wachen Zustande erfolgen ohne Mitwirken des Bewusstseins, vom Mittelhirn aus geleitet.

Grade der Intelligenz im Thierreiche.

Im Thierreiche richtet sich der Grad der Intelligenz nach der Grösse der Hemisphären des Grosshirns im Verhältniss zur Masse der übrigen Theile des centralen Nervensystemes. Zieht man aber das Gehirn allein in Betracht, so zeigt sich, dass diejenigen Thiere den höheren Grad der Intelligenz besitzen, bei denen die Hemisphären des Grosshirns das grössere Uebergewicht über das Mittelhirn haben. Das letztere stellen bei den niederen Vertebraten die Lobi optici, bei den höheren die Vierhügel dar (Joh. Müller). In Fig. 143 ist bei VI das Gehirn des Karpfen, bei V das des Frosches, bei IV das Taubenhirn gezeichnet. In allen diesen Figuren sind mit 1 das Hemisphärenpaar, mit 2 die Lobi optici, mit 3 das Kleinhirn und mit 4 das verlängerte Mark beziffert.

Beim Karpfen sind die Grosshirnhalbkugeln noch kleiner als die Sehhügel, beim Frosche übertreffen sie die letzteren bereits an Grösse. Bei der Taube reicht das Grosshirn schon hinterwärts bis an das Kleinhirn. Analog diesen Grössenverhältnissen ist der Grad der Intelligenz bei den genannten Thieren vorhanden. Beim Hundegehirn (Fig. 143 II) überdecken die Hemisphären bereits die Vierhügel völlig, aber das Kleinhirn liegt noch hinter dem Grosshirn. Erst beim Menschen bedecken die Hinterhauptlappen des Grosshirns sogar völlig das Kleinhirn (Fig. 144).

Bestimmung nach Meynert.

Es gelingt, nach Meynert, noch in einer anderen Weise diese Verhältnisse übersichtlich darzulegen. Von den Grosshirnhemisphären verlaufen bekanntlich Fasern durch den Pedunculus cerebri abwärts und zwar durch dessen unteren Theil, den man den Fuss des Pedunculus nennt. Dieser ist durch die Substantia nigra von dem oberen Theile desselben getrennt, welche Haube genannt wird, die mit den Vierhügeln uud den Sehhügeln in Connex steht. Je grösser nun die Grosshirnhalbkugeln, um so zahlreicher sind die durch den Fuss verlaufenden Fasern. In Fig. 142 ist bei II ein senkrechter Schnitt durch die hinteren Vierhügel (mit dem Aquaeductus Sylvii) und die beiden Hirnschenkel abgebildet vom erwachsenen Menschen: p p ist der Fuss jedes Pedunculus, darüber liegt die Substantia nigra (s). Figur IV zeigt dasselbe vom Affen, Figur III vom Hunde, und endlich Figur V vom Meerschweinchen. Man sieht sofort, dass in der genannten Reihenfolge die Masse des Fusses abnimmt. Dem entspricht eine analoge Abnahme der Hemisphärenmasse des Grosshirns und damit zugleich der Intelligenz des betreffenden Thieres.

Sulci und Gyri.

Endlich zeigt sich der Grad der Intelligenz abhängig von dem Furchenreichthum der Halbkugeln. Während den niederen Thieren (Fisch, Frosch, Vogel) die Furchen noch völlig fehlen (Fig. 143 IV, V, VI), sehen wir bei den Kaninchen zwei leichte Furchen jederseits (III). Der Hund zeigt bereits ein windungsreiches Grosshirn (I, II). Auffallend ist der Reichthum der Windungen und Furchen beim Elephanten, dem klügsten, edelsten Thiere. Selbst bei Evertebraten, z. B. einigen Insecten mit hohem Instincte hat man Windungen am Grosshirn beobachtet. Freilich lässt sich nicht verkennen, dass auch manche stumpfsinnige Thiere, wie das Rindvieh, windungsreiche Hemisphären besitzen. Auch beim Menschen traf man oft bei hoher geistiger Befähigung denselben Befund, doch werden auch windungsreiche Hirne bei Unbefähigten angetroffen.

Das absolute Gewicht des Gehirnes kann nicht zur Schätzung des Intelligenzgrades benutzt werden. Der Elephant hat das absolut schwerste, der Mensch das relativ schwerste Gehirn (Aristoteles).

Zeitliche Entwicklung der psychischen Processe.

Für das Zustandekommen psychischer Processe bedarf es einer gewissen Zeit, welche zwischen der Einwirkung der Erregung und der bewussten Reaction verläuft. Diese Zeit, die Reactionszeit [entschieden länger, als die einfache Reflexzeit (pg. 707)] kann gemessen werden (Donders, de Jaager), wenn man das Moment der Erregung markirt und sodann von einer Versuchsperson ein Signal über die erfolgte richtige Auffassung geben lässt: es setzt sich dann die Reactionszeit zusammen 1. aus der Perceptionsdauer (Eintritt in das Bewusstsein), 2. aus der Apperceptionsdauer (Erfassung durch die Aufmerksamkeit), 3. aus der Dauer des Willensimpulses. Hierzu kommt noch 4. die Dauer der Fortpflanzungsgeschwindigkeit im zuleitenden Nervenapparat und 5. in dem motorischen (signalgebenden) Nerven. Wird das Signal, wie gewöhnlich, mit der Hand gegeben, so dauert die Reactionszeit für Eindrücke des Schalles 0,136 bis 0,167 Secunden, des Lichtes 0,15 bis 0,224 Secunden, des Geschmackes 0,15 bis 0,23, des Tastsinnes 0,133 bis 0,201 Secunden (Hirsch, Hankel, Wundt, Exner, v. Vintschgau und Hönigschmied). Intensivere Reizung, gesteigerte Aufmerksamkeit, Uebung, Erwartung bekannter Eindrücke verkürzen die Zeit. Verlängert wird die Zeit bei sehr starken Reizen, bei complicirten, zu unterscheidenden Objecten (Helmholtz und Baxt), durch Alkoholgenuss. Sollen nach einander schnell zwei verschiedene Eindrücke psychisch erfasst werden, so ist eine gewisse Zwischenzeit nothwendig, welche für das Ohr 0,002 bis 0,0075 Secunden, für das Auge 0,044 bis 0,047 Secunden, für die Finger 0,0277 Secunden beträgt.

Der Schlaf.

Die Periodicität des thätigen und ruhenden Zustandes des Seelenorganes gibt sich im Wachen und im Schlafe zu erkennen. Im Schlafe ist eine verminderte Erregbarkeit des gesammten Nervensystemes vorhanden, die nur theilweise durch die Ermüdung der centripetalleitenden Nerven erklärbar ist, vornehmlich dem centralen Nervensystem in eigenartiger Weise zukommt. Während des Schlafes bedarf es stärkerer Reize, um Reflexe hervorzurufen. Im tiefsten Schlafe scheinen die psychischen Thätigkeiten völlig zu ruhen, so dass der Schlafende einem Wesen mit exstirpirten Grosshirnhalbkugeln gleichen würde. Wohl meist gegen die Zeit des Erwachens können psychische Thätigkeiten in Form der Träume, jedoch in einer von den normalen psychischen Processen abweichenden Weise, wieder anheben. Sie umfassen entweder Empfindungen, denen die objective Ursache fehlt (also Hallucinationen sind), oder meist nicht zur Ausführung kommende Willensäusserungen, oder Gedankenbildungen, denen zumeist die gesunde Logik des Denkprocesses im wachen Zustande fehlt. Oft, zumal gegen die Zeit des Aufwachens verweben sich mit den Traumgebilden wirklich statthabende Reize, welche die verschiedenen Sinnesorgane treffen können. — Die verminderte Thätigkeit des Herzens (pg. 142), der Athmung (pg. 215), der Magen- und Darmbewegungen (pg. 289), der Wärmebildung (pg. 395), der Secretionen zeigen eine Herabsetzung der Thätigkeiten der betreffenden Nervencentra, die verminderte Reflexthätigkeit eine solche des Rückenmarkes. Die Pupillen sind im Schlafe um so enger, je tiefer er ist, so dass sie im tiefsten Schlafe durch Lichteinfall nicht noch enger werden können. Auf sensible oder akustische Reize erweitern sich dieselben und zwar um so mehr, je weniger tief der Schlaf ist; im Augenblicke des Erwachens nehmen sie die grösste Weite an (Plotke). Die Festigkeit des Schlafes lässt sich prüfen durch Bestimmung einer Schallintensität, welche zum Aufwecken eben hinreicht. So fand Kohlschütter, dass der Schlaf sich anfangs sehr schnell, dann langsamer vertieft, gegen Ende der ersten Stunde das Maximum erreicht, dann sich anfangs schneller, dann langsamer wieder verflacht und schliesslich mehrere Stunden vor dem Aufwachen in fast gleicher sehr geringer Tiefe verharrt. Aeussere oder innere Reize vermögen die Tiefe plötzlich zu verringern, doch folgen dann wieder neue Vertiefungen. Je tiefer der Schlaf ist, um so länger dauert er.

Die Ursache des Schlafes ist der Verbrauch der Spannkräfte in den Nerven, zumal in den Centralorganen, der einen Ersatz nöthig macht. Vielleicht wirken Ansammlungen von Zersetzungsproducten im Körper (? milchsaure Salze, Preyer) Schlaf erregend. Möglichstes Fernhalten aller Sinnesreize befördert den Eintritt. Der Schlaf lässt sich willkürlich nicht auf die Dauer fernhalten, noch sich unterbrechen. Merkwürdig ist die Schlaf erregende Kraft vieler Narcotica.

377. Die motorischen Rindencentra des Grosshirns.

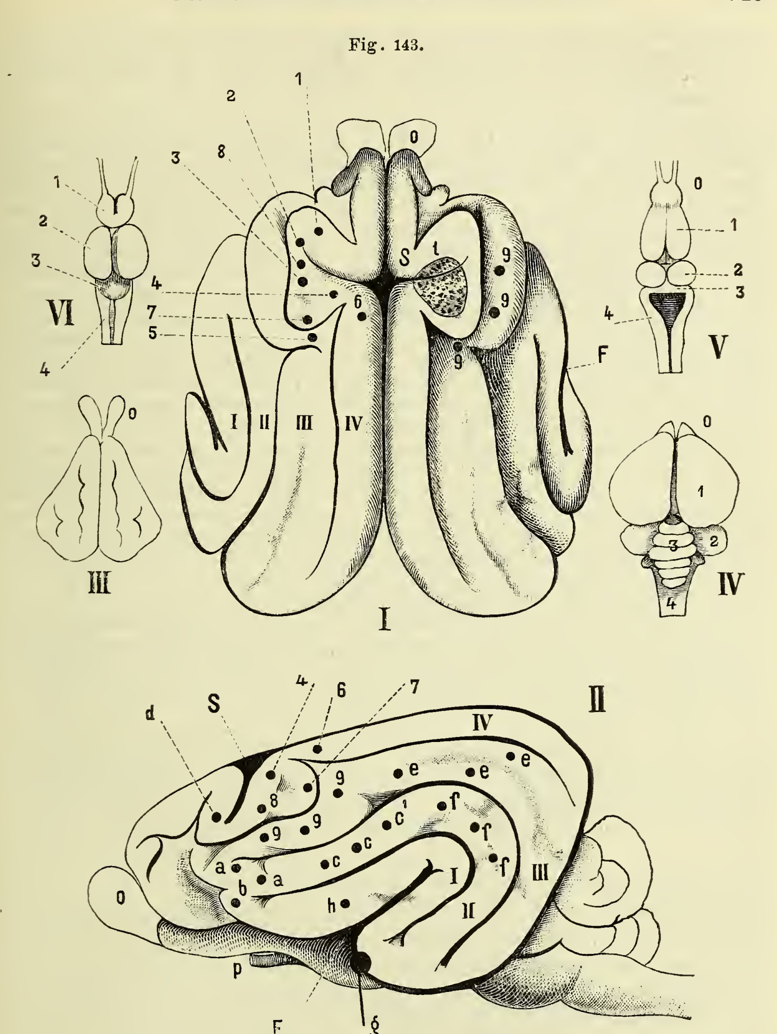
Fritsch und Hitzig machten (1870) die folgenreiche Entdeckung, dass auf der Oberfläche der Windungen des Grosshirns eine Anzahl von circumscripten Regionen existirt, deren elektrische Reizung Bewegungen in ganz bestimmten Muskelgruppen der entgegengesetzten Körperseite hervorruft.

Methode. Zum Behufe der Experimentation wird bei Thieren (Hund, Affe) an einer Seite ein Stück des Schädeldaches abgetragen und die Dura mater gespalten. Auf die nun frei liegenden Windungen applicirt man entweder dicht neben einander ein stumpfes Elektrodenpaar und reizt entweder durch Schliessung, Oeffnung oder Wendung eines constanten Stromes (dessen Stärke eine deutliche Empfindung an der Zungenspitze hervorruft) (Fritsch und Hitzig), oder man bedient sich des inducirten Stromes, dessen Stärke eine leicht erträgliche Reizung an der Zungenspitze bewirkt (Ferrier, 1873). Das Grosshirn ist gegen schmerzhafte Eingriffe völlig unempfindlich.

Wir müssen die Stellen der Hirnrinde, deren Reizung die charakteristischen Bewegungen auslöst, als wirkliche Centra betrachten. Wahrscheinlich sind sie es, auf welche der Wille bei Ausführung intendirter Bewegungen einwirkt. Daher kann man sie als psychomotorische Centra bezeichnen. Als Centrum gibt sich die motorische Zone des Hundegehirns schon durch das Vorhandensein besonderer grosser Pyramidenzellen zu erkennen (Betz), die Obersteiner namentlich auch bei den Stellen 4 und 8 fand. Bevan Lewis traf diese centralen Zellen auch bei der Katze und dem Schafe. O. Soltmann machte die wichtige Beobachtung, dass Reizung der motorischen Centra bei Neugeborenen noch ohne Erfolg ist, dass bei ihnen vielmehr nur die tieferen Stabkranzfasern reizbar sind. — Im Zustande der Chloroform- und Aethernarkose, oder der Apnoe wird die Reizbarkeit der Centra aufgehoben (Schiff), während die des Corpus striatum noch erhalten bleibt. Wird bei Thieren die Rinde entfernt, so erlischt die Erregbarkeit der Stabkranzfasern völlig gegen den 4. Tag, gerade so wie die des peripheren Nerven, der von seinem Centrum abgetrennt ist (Albertoni, Michieli, Dupuy, Franck und Pitres).

Da von der Hirnrinde aus die Fasern (Stabkranzfasern oder Projectionssystem I. Ordnung) gegen das Centrum der Halbkugeln hinziehen, um sich zumeist in die grossen basalen Hirnganglien einzusenken (pg. 716), so ist es erklärlich, dass man auch nach Abtragung der Rinde, indem man dem Verlaufe der Nervenfasern in die Tiefe der Halbkugel hinein (bis an den Streifenhügel, Eckhard) folgt, durch die Reizung denselben motorischen Effect erzielen kann. Denn es wird ja hierdurch nur die Reizung an eine tiefere Stelle der motorischen Leitung applicirt. Dringt man so in die Tiefe fortschreitend endlich mit dem Reize bis zum Corpus striatum vor, so werden allgemeine Contractionen der contralateralen Muskeln beobachtet. (Die Reizung des Sehhügels bleibt jedoch ohne motorische Wirkung.) — Wird die Hirnrinde zuerst abgeschält und hierauf wieder an ihre Stelle gelegt, so hat die Reizung der früheren wirksamen Rindenpunkte keinen Erfolg mehr (Putmann), es sei denn, dass so starke Ströme angewandt werden, welche mit erheblichen Stromschleifen das deckende Rindenstück, wie einen todten indifferenten feuchten Leiter, durchfliessen. — Nach Franck und Pitres verstreicht zwischen dem Momente der Reizung

Fig. 143.



I Grosshirn des Hundes von Oben, *II* von der Seite. *I II III IV* die vier Urwindungen, — *S* der Sulcus cruciatus, — *F* die Fossa Sylvii. — *o* Bulbus olfactorius, — *p* N. opticus. — 1 Motorischer Punkt für: Nackenmuskeln, — 2 Extensoren und Adductoren des Vorderbeines, — 3 Flexoren und Rotatoren des Vorderbeines, — 4 die Muskeln des Hinterbeines, — 5 den Facialis, — 6 laterale wedelnde Schwanzbewegung, — 7 Retraction und Adduction des Vorderbeines, — 8 Erheben der Schulter und Extension des Vorderbeines (Schreitbewegung), — 9 . 9 Orbicularis palpebrarum, Zygomaticus, Lidschluss. — *II a . a* Retraction und Elevation des Mundwinkels, — *b* Mundöffnung uud Zungenbewegung (Mundcentrum), — *c . c* Platysma, — *d* Oeffnen des Auges, — *II e e e* das psychooptische Centrum, — *II f f f* das psychoakustische Centrum, — *g* die psychoosmische und psychogeusische Region. — *I t* Die thermisch wirksame Region nach Eulenburg und Landois. — Fig. *III* Grosshirn des Kaninchens von Oben; — *IV* Gehirn der Taube von Oben; — *V* Gehirn des Frosches von Oben; — *VI* Gehirn des Karpfen von Oben: (in allen diesen ist *o* Bulbus olfactorius, — 1 Grosshirn, — 2 Lobus opticus, — 3 Kleinhirn, — 4 verlängertes Mark).

der Hirnrinde und der Bewegung (nach Abzug der latenten Muskelreizung und der Leitungszeit durch Rückenmark und Extremitätennerv) 0,045 Secunden. Nach Reizung der Stabkranzfasern verminderte sich diese Zeit bis auf 0,03 Secunden.

Die Primärfurchen und Urwindungen des Hundegehirns.

Was nun im Einzelnen die Lage der motorischen Centra anbetrifft, so lässt sich dieselbe für das Gehirn des Hundes aus der Fig. 143, I und II erkennen. Zur allgemeinen Orientirung muss vorausgeschickt werden, dass die Oberfläche des Grosshirns beim Hunde zwei primäre Furchen trägt, nämlich zunächst den Sulcus cruciatus (Leuret) (S), welcher den die Halbkugeln trennenden Sulcus longitudinalis etwa im Bereiche des vorderen Drittels fast rechtwinklig schneidet. [Er wird auch Sulcus frontalis (Owen) oder Fissura coronalis genannt.] — Die zweite primäre Furche ist die Fossa Sylvii (F). Vier Urwindungen sind überdies in einer bestimmten Lage zu diesen Primärfurchen angeordnet. Die I. Urwindung (I) umzieht stark knieförmig gebogen die scharf einschneidende Fossa Sylvii (F). Die II. Urwindung (II) läuft der ersten ziemlich parallel. Die IV. Urwindung grenzt in der Medianlinie an die der anderen Seite (getrennt durch die Falx cerebri); sie umzieht vorn den Sulcus cruciatus (S) so, dass der vor demselben liegende Theil desselben als Gyrus praecruciatus (s. praefrontalis) deutlich von dem hinter demselben belegenen Gyrus postcruciatus (s. postfrontalis) unterschieden werden kann. Die III. Urwindung (III) endlich hat einen im Ganzen der vierten parallelen Verlauf. — [Es muss bei dieser Gelegenheit besonders betont werden, dass manche Autoren die Urwindungen in umgekehrter Reihenfolge bezeichnen, so dass die der Sylvius'schen Furche zunächst liegende als 4., die den Sulcus cruciatus umgebende als 1. Urwindung bezeichnet wird. Hierauf ist zur Vermeidung von Missverständnissen besonders zu achten.]

In Figur 143, I und II sind die Stellen der motorischen Centra in die einzelnen Urwindungen einzutragen und durch Punkte bezeichnet. Es sei jedoch besonders bemerkt, dass die einzelnen Centra nicht etwa nur eine punktförmige Ausdehnung haben, sondern dass sie je nach der Grösse des Thieres erbsengrosse Regionen und darüber darstellen, deren Mittelpunkte durch die schwarzen Punkte unserer Abbildung bezeichnet sind.

Die Lage der motorischen Centra.

Fritsch und Hitzig haben nun zunächst (1870) die folgenden motorischen Centra ermittelt, deren Lage sich hinreichend aus der Abbildung feststellen lässt: — 1 ist das Centrum für die Nackenmuskeln, — 2 das für die Extensoren und Adductoren des Vorderbeines, — 3 das für die Beugung und Rotation des Vorderbeines, — 4 für die Bewegung des Hinterbeines, — 5 das für die Gesichtsmuskeln oder das Facialiscentrum (nach diesen Forschern oft über 0,5 Cmtr. im Durchmesser). — Ferrier hat (1873) noch die ferneren Centra aufgedeckt: 6 für die laterale wedelnde Schwanzbewegung, — 7 für die Retraction und Extension des Vorderbeines, — 8 für die Erhebung der Schulter und Streckung des Vorderbeines (Schreitbewegung); — das Terrain 9, 9, 9 beherrscht die Bewegungen des Orbicularis palpebrarum, des Zygomaticus (Lidschluss), dabei Aufwärtsbewegung des Bulbus und Verengerung der Pupille. — Es hatte ferner die Reizung der Stellen a a (Fig. II) Retraction und Elevation des Mundwinkels unter theilweiser Munderöffnung zur Folge; — bei b sah Ferrier Oeffnung des Mundes unter Ausstreckung und Zurückziehung der Zunge (bilaterale Wirkung!), wobei der Hund nicht selten bellende Laute von sich gab; — er nennt diese Stelle „Mundcentrum“. — Bei c c bewirkt die Reizung Retraction des Mundwinkels durch das Platysma, — bei c^1 (ähnlich wie bei 9) Hebung des Mundwinkels und der Gesichtshälfte bis zum Lidschluss. — Bei

Reizung von d erfolgt Oeffnung des Auges und Dilatation der Pupille, wobei Augen und Kopf nach der anderen Seite gewendet werden.

Chemische Reizung der Centra und durch Krankheits-ursachen.

Während so die elektrische Reizung zur Erregung der motorischen Centra wirksam ist, scheinen mechanische Erregungen auf dieselben ohne Erfolg zu sein. Dahingegen sah ich mit Eulenburg Bewegungen in den Extremitäten eintreten, als wir die betreffenden Stellen behufs chemischer Reizung mit Kochsalz bestreut hatten. Von grosser praktisch-diagnostischer Bedeutung ist die Frage, ob nicht durch Reizung in Folge localer Erkrankung (Entzündung, Tumoren, Erweichung, degenerative Reizung u. dgl.) der motorischen Stellen im Hirne des Menschen Bewegungen hervorgerufen werden können. Hughlings-Jackson bejaht diese Frage und erklärt so das Auftreten einseitig localisirter epileptiformer Krämpfe, die auch Ferrier bei entzündlicher Reizung bei Affen sah. Nach Eckhard gelingt es nie solche Krämpfe von der hinteren Hirnoberfläche aus zu erregen.

Exstirpation der motorischen Centra.

Die Exstirpation der motorischen Centra hat charakteristische Störungen der Bewegung in den betreffenden contralateralen Muskeln zur Folge. Wie viele Forscher sah ich beim Hunde nach Zerstörung der motorischen Punkte für die Extremitäten die letzteren kraftlos und ungeschickt sich bewegen (falsches Aufsetzen des Fusses, Ausgleiten, Umknicken, Nachziehen desselben). Während einige Forscher diese Erscheinungen stets nur als vorübergehende bezeichnen, habe ich sie auch Monate hindurch beobachten können. Klinische Beobachtungen am Menschen zeigen, dass Entartung der motorischen Rindencentren (natürlich bei Integrität der grossen basalen Ganglien) dauernde Hemiplegie zur Folge hat (Lépine, Gliky, Brun u. A.).

Je höher in der Entwickelung der Intelligenz die Thiere stehen und um so mehr sie ihre Bewegungen haben erlernen und nach und nach unter die Herrschaft des Willens unterordnen müssen, um so intensiver und nachhaltiger sind die Bewegungsstörungen nach Destruction der corticalen psychomotorischen Centra. Während bei den niederen Vertebraten einschliesslich der Vögel die Exstirpation der ganzen Hemisphären die Bewegungen nicht ersichtlich stört und die geordneten Reflexe für die letzteren völlig ausreichen, hat schon beim Hunde zuweilen die Exstirpation einzelner motorischer Centra ersichtliche dauernde Störungen der Motilität zur Folge, die bei Affen und Menschen so intensiv und langdauernd werden (Ferrier).

Unter den Bewegungen des Menschen gibt es nun aber zum Theil solche, die mühsam haben erlernt werden müssen und so den oft sehr wechselvollen Impulsen des Willensorganes nach und nach untergeordnet sind, wie z. B. die kunstfertigen Bewegungen der Hände. Solche Bewegungen pflegen sich nach Läsion der psychomotorischen Centren entweder nur sehr langsam und unvollkommen oder gar nicht wieder zu ersetzen. Diejenigen Bewegungen jedoch, welche dem Körper sofort zu Gebote standen, wie die associirten Bewegungen der Augen, des Gesichtes, zum Theil auch der Beine, erholen sich nach besagten Eingriffen entweder schnell, oder sie scheinen überhaupt wenig zu leiden. So erscheinen nach corticaler Läsion die Gesichtsmuskeln nie so völlig gelähmt, wie bei Affection des Facialisstammes; namentlich kann das Auge noch ziemlich

gut geschlossen werden. Saugbewegungen sah man selbst bei hemicephalen Neugebornen.

Erklärung der Bewegungsstörungen nach Exstirpation der motorischen Centra.

Hitzig leitet die Bewegungsstörungen nach Entfernung der motorischen Centren von dem Verluste des „Muskelbewusstseins“ ab. — Schiff hält dieselben als von dem Verluste der tactilen Sensibilität herrührend. Allein nach Ferrier zeigen sich bei Thieren die tactilen und sensiblen Empfindungen nicht nachweisbar geschwächt oder alterirt. — Ich sah mit Eulenburg bei einem Hunde, welchem ich beiderseitig die motorischen Centren für die Extremitäten zerstört hatte, eine vollendete Ataxie der Bewegungen eintreten, d. h. das Thier war nicht im Stande, geordnete Bewegungen behufs Gehens, Stehens etc. auszuführen. Ich glaube annehmen zu müssen, dass die corticalen Centren sowohl die directen motorischen Angriffspunkte des Willens sind, als auch dass in ihnen das bewusste Gefühl der jeweiligen Muskelcontraction localisirt ist. — Goltz hält die Bewegungsstörungen nach Verletzungen der Rinde für Hemmungserscheinungen am Bewegungsapparate, bedingt durch die Verletzung der Rinde, die sich demgemäss in demselben Masse wieder verlieren, in welchem die diese Hemmung hervorrufende Irritation sich verliert. (Siehe unten).

378. Die sensoriellen Rindencentra.

Die Untersuchungen von Ferrier und H. Munk haben diese Forscher zu der Annahme geführt, dass sich auf der Grosshirnrinde und zwar auf dem hinteren Umfang der Hemisphären-Oberfläche gewisse Punkte befinden, an denen sich der Act der bewussten sinnlichen Wahrnehmung vollzieht. Diese Punkte stehen durch Faserzüge mit den Sinnesnerven in Verbindung; sie können als sensorielle Rindencentra, oder als psychosensorielle Centra bezeichnet werden. Zerstörung eines solchen Centrums hebt die bewusste Empfindung des betreffenden Sinneswerkzeuges der entgegengesetzten Seite auf. Die Mechanik der Sinnesthätigkeit bleibt völlig intact, allein „es fehlt das geistige Band“. Ein Hund mit so zerstörten Centren sieht zwar, hört, oder riecht, allein er weiss nicht mehr, was er sieht, hört, oder riecht. Die Centra sind gewissermassen die Aufbewahrungsorte der gemachten Sinneserfahrungen. — Reizungen dieser Stellen können zu Bewegungen Veranlassung geben, wie solche auftreten, wenn plötzliche intensive Sinnesempfindungen entstehen. Diese Bewegungen sind daher als reflectorische, zum Theil als ausgebreitete wohlgeordnete reflectorische zu bezeichnen, und dürfen in keiner Weise mit den Bewegungen confundirt werden, welche als direct erregte in Folge der Reizung der motorischen Centra der Rinde sich zeigen.

Das corticale Sehcentrum.

1. Das psychooptische Centrum liegt beim Hunde (Fig. 143, II) in der mit e e e bezeichneten occipitalen Region der III. Urwindung. Einseitige Zerstörung desselben zieht Wegfall der bewussten Gesichtsempfindung der entgegengesetzten Seite nach sich, der als „Seelenblindheit“ (Munk) oder Amnestia optica bezeichnet werden kann. Merkwürdiger Weise kommt es nach einseitiger Zerstörung dieses Centrums alsbald zu einer Compensation; es scheint, dass andere benachbarte Rindengebiete die Function für das

verletzte mit übernehmen können. Hierbei zeigte sich, dass die Thiere mit dem afficirten Auge gewissermassen erst wieder sehen lernen mussten wie in der frühesten Jugend (Munk). Nach doppelseitiger Verletzung sah Ferrier dauernde beiderseitige Wirkung. — Reizung dieses Centrums bewirkt beim Hunde Bewegungen der Augen nach der anderen Seite hin, zuweilen mit gleichartiger Kopfbewegung und Verengerung der Pupillen. Beim Menschen können in Folge krankhafter Erregungen der psychooptischen Centra völlig ausgeprägte Gesichtsphantasmen (zumeist bei Irren) auftreten. Mitunter sieht man bei Hemiplegischen plötzlichen Verlust der Gesichtsempfindungen einer Seite, vornehmlich bei Embolisirung der Art. cerebri posterior (Bastian), was auf eine Lähmung des psychooptischen Centrums bezogen werden kann (Ferrier). Wird neugebornen Hunden ein Auge ausgeschnitten, so zeigt sich nach mehreren Monaten das contralaterale psychooptische Centrum weniger entwickelt (Munk).

Auch bei Tauben ist das Sehcentrum aufgefunden (Fig. 143 IV, wo 1 steht), etwas nach hinten und innen von der Oberfläche der Hemisphäre (Mc'Kendrick, Ferrier, Musehold).

Das corticale Hörcentrum.

2. Das psychoakustische Centrum liegt beim Hunde an der mit f f f (Fig 143, II) bezeichneten Region der 2. Urwindung (Ferrier, Munk). Zerstörung dieser Stelle bewirkt „Seelentaubheit“ (Munk) (Amnestia acustica), d. h. das Wesen hat die Erinnerungsbilder der Gehörempfindungen verloren. — Reizung des Centrums hat eine Reaction zur Folge, die jenem raschen Stutzigwerden entspricht, das durch plötzliches unverhofftes Getöse hervorgebracht wird. Dabei werden die Ohrmuscheln verschiedenartig bewegt (Ferrier). Auch hier gleichen sich die Störungen bei einseitiger Verletzung in einigen Wochen aus (wie beim psychooptischen Centrum), so dass das Thier von Neuem hören lernen muss (Munk); doppelseitige Zerstörung macht dauernd taub (-stumm). Nach einseitiger Vernichtung eines Ohres am neugebornen Hunde sah Munk das contralaterale Centrum weniger entwickelt werden. Ferrier wies das Centrum beim Affen, Kaninchen, Schakal und bei der Katze nach.

Das corticale Geruchs- und Geschmacks-centrum.

3. In den Gyrus uncinatus und dessen Umgebung (beim Hunde Fig. 143 II g) versetzt Ferrier (jedoch bis dahin ohne zwingenden Beweis) die Centren für den Geruch und Geschmack (psychoosmisches und psychogeusisches Centrum), welche er jedoch bis dahin nicht von einander abzugrenzen vermochte. Auf Reizung dieser Stelle sah er bei Affen, Hunden, Katzen und Kaninchen Verdrehung der Lippen und theilweisen Verschluss des Nasenloches derselben Seite (vgl. pg. 719). — Beim Menschen werden als Reizerscheinungen dieser Centren subjective Geruchs- und Geschmackswahrnehmungen, als Lähmungserscheinungen Verlust dieser Sinnesthätigkeiten (oft mit anderen Cerebralerscheinungen complicirt) gedeutet.

Das corticale Gefühls-centrum.

4. Das psychosensible Centrum glaubt Ferrier (jedoch bis dahin ohne zwingenden Beweis) im grossen Seepferdefuss und in dem daran liegenden Gyrus hippocampi gefunden zu haben, da die Zerstörung dieser Region beim Affen die bewussten Gefühls- und Tastwahrnehmungen aufhob. [Bei diesen Versuchen zeigte sich zugleich der bedeutende Einfluss des Wegfalles der sensiblen Eindrücke auf die geordneten Bewegungen (pg. 695).] Auch beim Menschen sah man nach krankhafter Zerstörung der Leitungsbahnen der Gefühlsnerven, welche zu dem Rindencentrum hintreten, halbseitige Gefühlslähmung eintreten (Türck, Charcot, Veyssière u. A.).

Ansicht von Goltz. Goltz, der übrigens zuerst die Sehstörungen nach Rindenverletzung beim Hunde genauer beschrieb, hat sich gegen die Localisation der sensoriellen Centren ausgesprochen. Für das Auge glaubt er, dass ein jedes mit beiden Hirnhälften zusammenhänge. Er hält daran fest, dass die Sehstörung nach Hirndefect nur in einem verringerten Farbensinn und Raumsinn besteht. Die Wiedererlangung der Sehwahrnehmung des einen Auges nach Verletzung einer Hirnrindenseite deutet er so, dass diese Verletzung nur eine vorübergehende Hemmung der Sehthätigkeit in dem contralateralen Auge bewirkt habe, die sich später wieder verliert.

379. Das thermische Rindencentrum.

Abweichende Ansicht von der Localisation in der Rinde.

Es ist A. Eulenburg und mir gelungen, auf der Oberfläche des Grosshirns des Hundes eine Stelle zu entdecken, von welcher aus ein unzweifelhafter Einfluss auf die Temperatur und Gefässweite der contralateralen Extremitäten ausgeübt wird. Diese Stelle (Fig. 143, I t) umfasst im Allgemeinen die Gegend, an welcher zugleich die motorischen Centra für die Flexoren und Rotatoren des Vorderbeines (3) und für die Muskeln der Hinterextremität (4) belegen sind. Die wirksamen Bezirke für Vorder- und Hinterbein sind räumlich von einander getrennt, der für das Vorderbein liegt etwas mehr nach vorn, dem lateralen Ende des Sulcus cruciatus benachbart. Zerstörung dieser Gegend zieht Steigerung der Temperatur der contralateralen Extremitäten nach sich, welche sehr verschieden hoch (1,5—2°, selbst bis 13° C.) sein kann. (Bestätigt von Hitzig.) Diese Temperaturzunahme ist fast in allen Fällen noch längere Zeit nach der Verletzung ausgesprochen, wenn auch mit erheblichen Schwankungen. Wir sahen sie selbst 3 Monate lang anhalten, in anderen Fällen kommt am 2. oder 3. Tage eine allmähliche Ausgleichung zu Stande. — Localisirte elektrische Reizung der Bezirke bewirkt eine geringe vorübergehende Abkühlung der contralateralen Extremitäten (thermo-elektrisch nachweisbar). Auch Reizung durch Kochsalzapplication wirkt analog, doch folgt hier alsbald oft die Erscheinung der Zerstörung. Der Nachweis einer analog wirksamen Region für die Kopfhälfte ist bisher nicht gelungen. Bei Kaninchen führen die Versuche zu keinem evidenten Resultat.

Die mitgetheilten Versuche machen es erklärlich, dass bei psychischen Erregungen des Grosshirns eine Einwirkung auf die Gefässweite und Temperatur statthaben kann, wie das momentane Erblassen und Erröthen anzeigt. — Auch beim Menschen hat man bei Affectionen der entsprechenden Rindengebiete Einflüsse auf die Körpertemperatur der entgegengesetzten Seite beobachten können.

Abweichende Ansicht von der Localisation in der Hirnrinde nach Goltz. Im Gegensatze zu der vorgetragenen Lehre von der Localisation im Grosshirn muss hier in unparteiischer Weise der Anschauung von Goltz gedacht werden.

Goltz hat eingehend die Erscheinungen beschrieben, welche sich bei Hunden zeigen, denen durch einen durch eine Trepanationsöffnung eingeleiteten

Kaltwasserstrahl umfangreiche Zerstörungen der Grosshirnrinde beigebracht waren. Er unterscheidet unter den Erscheinungen einmal Hemmungserscheinungen, welche vorübergehend sind und abzuleiten sind von einer zeitweiligen Unterdrückung der Thätigkeit nervöser Apparate, die anatomisch nicht verletzt wurden, (diese erklären sich ähnlich, wie die Hemmung der Reflexe durch starke Reizung sensibler Nerven; pg. 707, 3). Diesen gegenüber stehen die dauernden Ausfallerscheinungen, welche herrühren von dem Wegfall der Thätigkeit der durch den operativen Eingriff vernichteten Nervenapparate. Ein solcher Hund mit umfangreichem Rindenverlust kann als fressende verwickelte Reflexmaschine bezeichnet werden. Er benimmt sich wie ein tief Blödsinniger, geht langsam, unbeholfen, gesenkten Hauptes einher, er zeigt Abstumpfung der Hautempfindung in allen ihren Qualitäten: er ist weniger gegen Druck auf die Haut empfindlich, beobachtet Temperaturschwankungen weniger und versteht es nicht zu tasten, er weiss sich sowohl in der Aussenwelt, als auch an seinem eigenen Körper schwer zurecht zu finden. Dies tritt namentlich hervor bei der Aufsuchung und Aufnahme der Nahrung. Dahingegen besteht durchaus keine Lähmung seiner Muskeln. Der Hund sieht zwar noch, aber ohne bewusste Empfindung des Gesehenen: er sieht wie ein Nachtwandler, der Hindernissen ausweicht, ohne sich derselben klar bewusst zu werden. Er hört zwar, denn er kann durch lauten Zuruf aus dem Schlafe geweckt werden, aber er hört etwa nur wie ein Mensch, der aus tiefem Schlafe durch einen Anruf zuerst geweckt wird, ohne den Ruf sofort mit klarem Bewusstsein zu fassen. Analog ist die Störung der anderen Sinne. Er heult im Hunger, — frisst dann so lange bis der Magen total gefüllt ist, — er ist absolut theilnahmslos und ohne geschlechtlichen Trieb.

In Bezug auf die Localisation der einzelnen Centren im Grosshirn hat Goltz abweichende Anschauungen. Nach seinen Erfahrungen zeigen Hunde mit Zerstörung beider Scheitellappen zwar dauernd stumpfere Empfindungen und die mit zerstörten Hinterhauptslappen beiderseits tiefere dauernde Sehstörungen. Allein dennoch glaubt er, dass jeder Abschnitt des Grossshirns sich an den Functionen betheiligt, aus welchen wir auf Wollen, Empfinden, Vorstellen und Denken schliessen. Jeder Abschnitt ist, unabhängig von den übrigen, mit allen willkürlichen Muskeln durch Leitungen verknüpft und steht andererseits in Verbindung mit allen sensiblen Nerven des Körpers.

Die Verletzungen des Grosshirns haben aber auch Hemmungserscheinungen zur Folge: hierher gehören die Bewegungsstörungen; und auch die vollständige Hemiplegie, die man nicht selten nach einseitigen grossen Verletzungen der Rinde beobachtet, hält Goltz für eine Hemmungserscheinung. Die Verletzung wirkt nämlich bewegungshemmend auf andere (infracorticale) Organe, welche ihre Bewegung wieder aufnehmen, sobald diese Hemmungswirkung nachlässt.

380. Physiologische Topographie der Grosshirn-Oberfläche beim Menschen.

Wenngleich die Anschauungen über die Localisationen in der Grosshirnrinde noch vielfach unvermittelt einander gegenüberstehen, so scheint es uns dennoch von Wichtigkeit, dass man sowohl die Erfahrungen der Pathologie, als auch die Resultate der Thierversuche verwende, um eine Topographie der Rinde zu entwerfen. Und wenn auch das Unternehmen nur als ein Versuch bezeichnet werden kann, so ist es doch für den Arzt von grösster Wichtigkeit, dass es ihm gelinge, sich an der Hand eines leicht übersehbaren Schemas zu orientiren. Gerade auf diesem Gebiete ist die Aufgabe zunächst, reiches Material zu schaffen, und das muss die ärztliche Beobachtung uns liefern. — Wir legen den Grundriss der Gyri und Sulci nach A. Ecker zu Grunde, in welche die einzelnen Regionen nach Ferrier eingezeichnet sind. Ich habe aber zugleich das Hirnbild in den Umriss des Schädels hineingezeichnet, an welchem zugleich die Nähte zu erkennen sind, wodurch es gelingt, etwa bei directen Schädel-

verletzungen sich über die Rindenregion zu orientiren. — Wir gehen jetzt zur Besprechung der einzelnen Theile über.

Das Sprachcentrum.

Das Sprachcentrum: es umfasst 9 und 10. Hier liegt das motorische Centrum der Zunge und der Lippen für die Articulation; ferner auch das Centrum, in welchem sich die psychischen Processe bei der Sprache vollziehen. — Durch die Untersuchungen von Bouilland, Dax, Broca, Kussmaul u. A. ist ermittelt worden, dass die 3. Stirnwindung des Grosshirns (F 3) von wesentlicher Bedeutung für die Sprache ist, wahrscheinlich zugleich auch die Insel (welche man in der Tiefe erblickt, wenn man den zwischen die beiden Aeste der Fossa Sylvii (S) herabhängenden Hirntheil (Operculum) emporhebt. Bei den meisten Menschen ist das Sprachvermögen in der linken Halbkugel localisirt. Gerade so deutet auch die Rechtshändigkeit der meisten Menschen auf eine feinere Ausbildung der motorischen Apparate der Oberextremiät, die also ebenfalls in der linken Halbkugel localisirt sein müssen. Denn die Menschen mit ausgebildeter Rechtshändigkeit (droitiers) sind offenbar linkshirnig (gauchers du cerveau) (Broca). Vielleicht beruht diese Einrichtung auf entwickelungsgeschichtlicher Basis. Weitaus die meisten Menschen sind somit „linkshirnige Sprecher“ (Kussmaul), doch gibt es auch Ausnahmen; in der That sah man Linkshändige ihr Sprachvermögen verlieren nach Läsion der rechten Hemisphäre.

Aphasie.

Verletzungen dieses Sprachcentrums ziehen entweder den Verlust, oder doch mehr weniger erhebliche Störungen des Sprachvermögens nach sich. Der Verlust des Sprachvermögens wird Aphasie genannt.

Man muss nun folgende wesentlich differente Formen der Aphasie unterscheiden.

Ataktische Aphasie.

1. Die ataktische Aphasie, d. h. Sprachlosigkeit wegen Unvermögen, die zum Sprechen nothwendigen Bewegungen des Mundes auszuführen. Die Intention zum Sprechen zieht uncoordinirtes Grimassenschneiden nach sich und das Ausstossen unarticulirter Laute. Daher vermögen die Kranken auch nicht Vorgesprochenes nachzusprechen. Dabei sind die für die Sprache nothwendigen geistigen Vorgänge völlig erhalten und alle Worte wohl im Gedächtnisse, daher Manche noch im Stande sind, sich schriftlich auszudrücken. Sind aber auch die zum Schreiben nothwendigen feinen Bewegungen durch Affection des Handbewegungscentrums verloren gegangen, so entsteht zugleich Agraphie (Unvermögen der Schreibbewegungen); Intention die Gedanken zu Papier zu bringen liefert nur vergebliches Gekritzel. — Mitunter leidet bei solchen Kranken sogar die Geberdensprache (Amimie; Kussmaul).

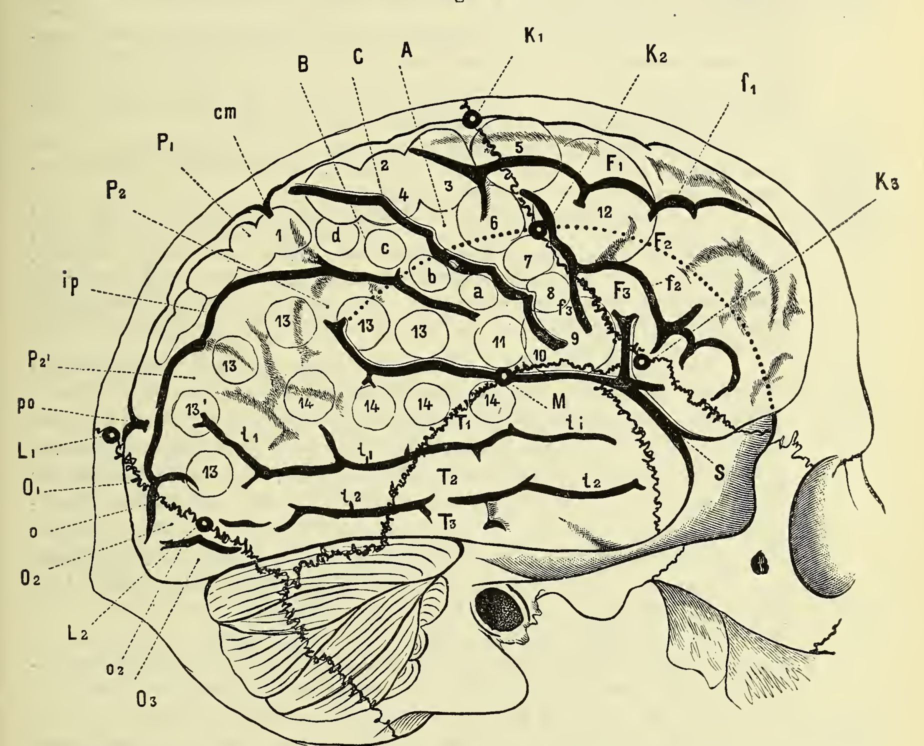
Amnestische Aphasie.

2. Die amnestische Aphasie: Die Worte sind im Gedächtnisse verschleiert; hört oder liest jedoch der Kranke die Worte, so taucht ihre Bedeutung wieder hervor. Die zur Sprache nothwendigen Bewegungen sind intact, daher der Kranke alles Vorgesprochene sofort nachsprechen oder nachschreiben kann. Mitunter sind nur gewisse Kategorien von Wörtern vergessen, oder selbst nur Theile von gewissen Wörtern, so dass diese nur verstümmelt oder stückweise producirt werden können. — Eine andere Form der amnestischen Aphasie besteht darin, dass die Worte zwar noch wohl im Gedächtnisse haften, aber nicht flott gemacht werden können, d. h. dass die Association von Wort und Vorstellung gehemmt ist (Kussmaul). Das Vergessen von Personen- und Sachnamen ist

zumal im höheren Alter eine in physiologischer Breite oft zu beobachtende Erscheinung, die schliesslich bis zur krankhaften Amnesia senilis führen kann. — Eine noch tiefere Störung der amnestischen Aphasie ist die „Worttaubheit“ oder „Wortblindheit“ (Kussmaul); der Befallene gleicht Jemandem,

Coecitas et surditas verborum.

Fig. 144.



Das Gehirn mit den Hauptwindungen und Furchen (nach A. Ecker) in seinem Lageverhältniss zur Schädelkapsel. Die Zahlen 1—14 und die Buchstaben *a—d* bezeichnen die cerebralen Centralpunkte (das Genauere im Text). — — *S* die Sylvi'sche Spalte mit ihrem senkrecht aufsteigenden kurzen vorderen Schenkel und ihrem horizontal gerichteten hinteren längeren Schenkel. — *C* die Centralfurche (Sulcus centralis sive Rolando), — *A* vordere, *B* hintere Centralwindung. — F_1 obere, — F_2 mittlere, — F_3 untere Stirnwindung. — — f_1 obere, — f_2 untere Stirnfurche, — f_3 senkrechte Stirnfurche (Sulc. praecentralis). — — P_1 oberes Scheitelläppchen, — P_2 unteres Scheitelläppchen und zwar P_2 Gyrus supramarginalis, P_2' Gyrus angularis. - — *ip* Sulcus interparietalis. — *cm* Ende des Sulcus callosomarginalis. – O_1 erste, — O_2 zweite, — O_3 dritte Hinterhauptswindung. — *po* Fissura parieto-occipitalis. — *o* Sulcus occipitalis transversus. — o_2 Sulcus occipitalis longitudinalis inferior. — — T_1 erste, — T_2 zweite, T_3 dritte Schläfenwindung. — t_1 erste, t_2 zweite Schläfenfurche. — K_1 — K_2 — K_3 Punkte in der Kranznaht. — — L_1 — L_2 Punkte in der Lambdanaht.

der in früher Jugend eine fremde Sprache erlernt hat, die er später jedoch völlig wieder vergessen hat. Er hört daher oder liest wohl die Worte und Schriftzeichen, er kann auch die Worte nachsagen oder nachschreiben, allein er versteht nichts von alledem. Während also der amnestisch Aphatische nur den Schlüssel zum Schreine seines Sprachschatzes verloren hat, ist dem Worttauben dieser Schatz selbst abhanden gekommen. — Zu den cerebralen Sprachstörungen hat Kussmaul weiterhin noch als besondere Formen gerechnet:

Paraphasie.

3. Die Paraphasie oder das Unvermögen, die Wortbilder mit ihren Vorstellungen richtig zu verknüpfen, so dass statt der sinnentsprechenden verkehrte oder ganz unverständliche Wortgebilde zum Vorschein kommen. Es findet gewissermassen ein permanentes „sich versprechen" statt.

Agrammatismus und Akataphasie.

4. Den Agrammatismus und die Akataphasie oder das Unvermögen, die Worte grammatisch richtig zu formen und syntaktisch in Sätze zu ordnen. — Ausserdem gibt es

5. noch ein krankhaft verlangsamtes Sprechen (Bradyplasie) oder krankhaft überstürztes (Tumultus sermonis), die ebenfalls beide auf corticalen Störungen beruhen (Kussmaul). [Störungen der Sprache, welche lediglich auf Affectionen der peripheren Nerven, oder der Muskeln des Stimm- und Sprachorganes beruhen, sind bereits pg. 611 besprochen, ferner pg. 680.]

Motorische Region der Centralwindungen für die Extremitäten.

Die Bestimmung der einzelnen Centra 1 bis 6 und a bis d ist den Versuchen an Affen von Ferrier entnommen, sie haben daher zum Theil vorläufig nur eine hypothetische Bedeutung.

Die mit 1 bezeichnete Region umfasst die Centren für die Bewegungen des contralateralen Beines und Fusses zur Locomotion. — 2, 3, 4 Centra für complicirtere Bewegungen des Armes und Beines (Klettern, Schwimmen). — 5. Vorwärtsbewegung von Arm und Hand, z. B. um einen vorne gelegenen Gegenstand zu erfassen. — 6. Beugung des Vorderarmes und der Hand nebst Supination. — a, b, c, d Centra für die Bewegungen der Hand und des Handgelenkes.

Die ganze Gegend auf der vorderen und hinteren Centralwindung zu beiden Seiten der Rolando'schen Furche (1 bis 6 und a bis d) umfasst somit das Centrum für die Extremitätenbewegung. Dasselbe ist mit Erfolg beim Menschen mit blossgelegtem Hirne elektrisch gereizt worden. An derselben Stelle wird auch das von Eulenburg und mir entdeckte thermische Rindencentrum zu suchen sein. Beobachtungen bei Menschen, welche in Folge von Trauma oder Erkrankung des Hirnes Verschiedenheit der Temperatur der Extremitäten zeigten, liegen bereits vor.

7, 8 Bewegung des Mundwinkels. — 9, 10 das bereits besprochene Sprachcentrum. — 11 Bewegung des Mundwinkels und des Platysma. — 12 Lateralbewegung des Kopfes und der Augen mit Erhebung der Lider.

Die sensoriellen Centra.

13, 13¹ Region des psychooptischen Centrums. — 14 die des Hörcentrums. — Im Uncus gyri fornicati (auf der Innenseite des Schläfenlappens, nämlich auf der Innenseite von derjenigen Stelle, wo in unserer Abbildung M steht) vermuthet Ferrier das nicht deutlich getrennte Geruchs- und Geschmackscentrum, — im Subiculum des Ammonshornes das Tastcentrum.

7, 8, 11, 12, 13, 14 sind nach Versuchen an Affen erschlossen, also bis dahin zum Theil noch hypothetisch. Huguenin sah bei lange Erblindeten consecutiven Schwund der Rinde (13) zu beiden Seiten der Occipitalspalte.

Topographische Bestimmung der Hirnregionen am unverletzten Kopfe.

Um sich über die Lage der Hauptfurchen und Windungen am unverletzten Kopfe zu orientiren, sind in unserer Figur 144 nach Broca verschiedene Orientirungspunkte vermerkt: K_1 K_2 K_3 sind Punkte in der durch die Haut durchfühlbaren Kranznaht. K_1 liegt (zur Vermeidung des Sinus longitudinalis) 15 Mm. seitlich von der Medianlinie der Kranznaht. K_2 ist der Kreuzungspunkt der Kranznaht und der Schläfenlinie. Bei K_3 trifft die Kranznaht den oberen Rand des grossen Keilbeinflügels. L_1 und L_2 liegen in der Lambdanaht, und zwar L_1 15 Mm. seitlich von der höchsten Spitze, und L_2 in der Mitte des hinteren Randes des Scheitelbeines. — M entspricht dem höchsten Punkte des Bogens der Schuppennaht. — Zieht man nun von den Punkten K_1 K_2 K_3 horizontale

Linien nach hinten hin, so liegt beim Erwachsenen die zur Orientirung so wichtige Centralfurche (C) in ihrem oberen Ende gegen 45 Mm., in ihrem unteren Ende etwa 30 Mm. hinter der Kranznaht. Die Bifurcation der grossen Fossa Sylvii trifft man 4—5 Mm. hinter K_3, ihr vorderer Ast läuft dann parallel der Kranznaht, ihr hinterer Ast zieht durch den Punkt M. — Die Fissura parieto-occipitalis (po) liegt ziemlich genau in der Lambdanaht. [Es ist zweckmässig, sich über diese Punkte, die man leicht durchfühlen und bei Kahlköpfen zum Theile sogar durchsehen kann, zuerst mit einem macerirten Schädel in der Hand zu orientiren.]

381. Die basalen Grosshirnganglien. — Das Mittelhirn. — Die Zwangsbewegungen. — Anderweitige Hirnfunctionen.

Corpus Striatum und Nucleus lentiformis.

Der Streifenhügel und Linsenkern (Fig. 142, pg. 717), welche im Thierreiche in ihrer Grössenentwickelung gleichen Schritt halten mit der Entwickelung der Grosshirnrinde, zeigen bei elektrischer Reizung allgemeine Muskelcontractionen der entgegengesetzten Körperseite. Es scheint dieselbe Wirkung zu sein, die man erhalten würde, falls alle motorischen Rindencentra gleichzeitig gereizt würden.

Hemiplegie nach Zerstörung derselben.

Zerstörung des Linsenkernes oder des Streifenhügels hat stets Verlust der willkürlichen Bewegungen der entgegengesetzten Seite zur Folge (Meynert) mit Erhaltung der Empfindlichkeit. Vernichtung der Markfasern zwischen Streifenhügel und den motorischen Rindencentren hat den gleichen Erfolg wie die Zerstörung dieser Centren selbst (Carville und Duret). Das Corpus striatum ist gegen Reizung ohne Schmerzempfindung (Longet).

Thalamus opticus.

Auf elektrische Reizung der Thalami optici sah Ferrier keine Bewegungen eintreten. — Da sich der Sehhügel als theilweiser Ursprung des N. opticus mit der Grosshirnrinde durch Fasern in Verbindung setzt, so steht derselbe wohl in Beziehung zur bewussten Empfindung des Sehens. — Ferrier vermuthet, dass auch im Sehhügel die sensiblen Fasern zur Rinde laufen, so dass Zerstörung desselben Aufhebung der Empfindlichkeit der entgegengesetzten Körperseite bewirkt.

Grosshirnschenkel.

Verletzung der Pedunculi cerebri hat zunächst heftige Schmerzen zur Folge und Krämpfe vornehmlich der entgegengesetzten Seite, deren Gefässe sich zugleich durch den Reiz contrahiren und deren Speicheldrüsen secerniren. Diesen Reizerscheinungen folgen als Lähmungssymptome contralaterale Anästhesie und Parese (unvollkommene Willensbeherrschung) der Muskeln, die sich allmählich wieder vergeringert.

Während der Reizung oder Section des Pons entstehen Schmerzen und Krämpfe; nach der Durchschneidung sieht man Zwangsbewegungen.

Blindheit nach Zerstörung der Vierhügel.

Die Vierhügel oder das Mittelhirn. — Die halbseitige Zerstörung der Vierhügel bei Säugern (oder des gleichwerthigen Lobus opticus bei Vögeln, Amphibien und Fischen)

hat wirkliche Blindheit zur Folge, die je nach den Kreuzungsverhältnissen im Chiasma der Sehnerven (pg. 664) gleichseitig oder ungleichseitig localisirt ist. Totale Zerstörung bewirkt Blindheit beider Augen. Hiermit ist der Reflex zwischen der Erregung der Netzhaut und dem Oculimotorius (pg. 665) aufgehoben, d. h. nach Beleuchtung der Netzhaut verengen sich die Pupillen nicht mehr (Flourens). Waren allein die Grosshirnhalbkugeln weggenommen, so verengen sich noch die Pupillen auf Lichtreiz, sowie nach mechanischer Reizung des Sehnerven (H. Mayo).

Gleichgewichtsstörung.

Zerstörung der Vierhügel hat ferner Aufhören der vollkommenen Harmonie der Bewegungen im Gefolge; es treten selbst Gleichgewichtsstörungen und Incoordination der Bewegungen auf (Serres). Auch Goltz sah bei Fröschen nach dieser Operation nur noch ungeschickte, schwerfällige und unbeholfene Bewegungen, dabei ist das Vermögen der vollendeten Balancirfähigkeit des Körpers sehr stark alterirt. Aehnliches wurde bei Vögeln (Mc'Kendrick) und Kaninchen beobachtet (Ferrier). — Exstirpation des Bulbus hat Atrophie des contralateralen vorderen Vierhügels zur Folge.

Reizung der Vierhügel.

Ist neben dieser Zerstörung das Grosshirn unverletzt, so sind willkürliche Bewegungen noch möglich. — Die Vierhügel reagiren auf elektrische, chemische und mechanische Reize. Ueber den Erfolg der Reizung sind die Angaben jedoch sehr verschieden: nach Einigen tritt Erweiterung der gleichseitigen Pupille ein, nach Ferrier soll zunächst die contralaterale, alsbald auch die gleichseitige Pupille sich erweitern. Die Reizung setzt sich von den Vierhügeln auf die Medulla oblongata und weiterhin auf den Sympathicusursprung fort, denn nach Durchschneidung des Halsstranges bleibt die Erweiterung aus (Knoll). [Nach Knoll soll eine Verengerung der Pupille, welche ältere Forscher gesehen hatten, überhaupt nur erfolgen, wenn der anliegende Sehnerventract gereizt wird.] Ausserdem bewirkt Reizung des rechten vorderen Vierhügels Wendung beider Augen nach links (und umgekehrt), wird die Reizung fortgesetzt, so dreht sich auch der Kopf nach dieser Seite hin. [Senkrechte Mediantrennung der Vierhügel lässt bei einseitiger Reizung diesen Effect nur auf derselben Seite erfolgen (Adamük).] Ferrier bemerkte endlich noch bei Reizung der Vierhügel bei Affen, Hunden, Katzen, Kaninchen als Zeichen des Schmerzes Zurückziehen der Ohren, Schliessen der Kiefer, Retraction der Mundwinkel und endlich allgemeinen Opisthotonus, unter Ausstossen von Lauten. Carville und Duret halten nach analogen Reizerfolgen die Vierhügel für das Centrum der Streckbewegung des Rumpfes. Ferrier fand bei Reizung eines Lobus opticus der Taube: Erweiterung der contralateralen Pupille, Drehung des Kopfes nach der anderen Seite und rückwärts, Bewegung des contralateralen Flügels und Beines; stärkere Reize verursachen beiderseitigen Flügelschlag. — Danilewsky, Ferrier und Lauder Brunton sahen endlich noch Steigerung des Blutdruckes und Verlangsamung des Herzschlages, neben tiefer Inspiration und Exspiration. — Nach Valentin und Budge hat die Reizung auch Bewegung der Gedärme und der Blase zur Folge; in Bezug hierauf erinnert Ferrier daran, dass unter dem Einfluss gewisser Affecte unwillkürliche Harn- und Kothentleerung erfolgt.

Zwangsbewegungen.

Zwangsbewegungen. — Die vorbesprochene Bedeutung des Mittelhirns für die harmonische Ausführung der Bewegungen macht es erklärlich, dass einseitige Verletzungen solcher Theile, welche mit demselben durch Fasern in leitender Ver-

bindung stehen, eigenthümliche, nach einer Seite gerichtete Gleichgewichtsstörungen und Abweichungen von der symmetrischen Bewegung beider Körperseiten zur Folge hat, die man Zwangsbewegungen genannt hat. Hierher gehören die Reitbahnbewegung (Mouvement de manège), bei welcher das Thier bei der Intention fortzulaufen, stets im Kreise umherirrt, — die Zeigerbewegung, bei welcher der Vorderkörper um das an Ort und Stelle verbleibende Hintertheil wie der Zeiger um seine Axe gedreht wird, — die Rollbewegung, durch die der Körper um die Längsaxe sich wälzt. Alle diese Formen der Bewegungen können in einander übergehen, und sie sind auch nur graduelle Unterschiede derselben Störungen. Theile, deren Verletzung diese Zwangsbewegungen erzeugt, sind das Corpus striatum, der Thalamus opticus, der Pedunculus cerebri, der Pons, der Pedunculus cerebelli ad pontem, bestimmte Theile des Cerebellums und der Oblongata, ja sogar nach Verletzung der Oberfläche des Grosshirns (Kaninchen) sahen Eulenburg und ich Zeigerbewegungen.

Reitbahn-

Zeiger-

Roll-Bewegungen.

Ueber die Richtung und Art der Bewegung nach den einzelnen Verletzungen schwanken die Angaben. Man beobachtete: Schnitt in den vorderen Theil des Pons und der Crura cerebelli bewirkt Zeiger- bis Rollbewegung nach der anderen (paretischen?) Seite; — Schnitt in den hinteren Theil derselben Regionen hat Rollen nach derselben (paretischen?) Seite zur Folge. — Anschneiden eines Grosshirnschenkels erzeugt Reitbeinbewegung mit nach derselben Seite gerichteter Convexität. Je näher der Schnitt dem Pons liegt, um so enger werden die Bahnkreise; schliesslich entsteht Zeigerbewegung. Verletzung eines Sehhügels bewirkt ähnliche Erscheinungen, wie ein Stich in den vorderen Hirnschenkeltheil, und zwar deshalb, weil eben letzterer mitverletzt wird. Verletzung des vorderen Theiles eines Sehhügels hat entgegengesetzte Zwangsbewegung zur Folge, nämlich mit der Concavität nach der Seite der Verletzung hin.

Erklärung der Zwangsbewegungen.

Zur Erklärung dieser Erscheinungen hat man theilweise angenommen, es handle sich um halbseitige unvollkommene Lähmungen (Lafarque), so dass das Thier bei der Tendenz sich fortzubewegen, mit der paretischen Seite etwas zurückbliebe (z. B. bei der Reitbahnbewegung an der dem Bahnmittelpunkt zugekehrten Körperseite), und daher von der Symmetrie der Bewegungen abweiche. — Andere haben versucht, gerade im Gegensatze hierzu eine Reizung durch den Act der Verletzung als Ursache einer übermässigen Thätigkeit der einen Körperseite zu constatiren (Brown-Séquard). Ich möchte mich nach meinen Beobachtungen auf die Seite derjenigen Forscher stellen, welche als Ursache der Bewegungen Schwindelempfindungen annehmen (Henle), welche durch die Verletzung erregt werden. Ich sah mitunter, dass unmittelbar nach der Verletzung (Stiletstich) die Bewegung in entgegengesetzter Richtung erfolgte, als ein wenig später. Ich deute diese Erscheinung als den Effect der unmittelbar auf einander folgenden Reizung und Lähmung durch die Verletzung. Die letztere hat dadurch, dass sie die die locomotorischen Empfindungen vermittelnden Apparate reizt oder lähmt, Täuschungen zur Folge, als bewegen sich der Körper des Thieres, oder auch die Objecte der Aussenwelt nach einer

bestimmten Richtung. Durch diese Bewegungstäuschung werden als Reaction die besagten Bewegungen ausgeführt, mit der Intention, die abnormen fictiven Bewegungen durch passende Gegenbewegungen zu corrigiren. Die Reitbahnbewegung nach Verletzung des Sehhügels kann durch Scheinbewegung in Folge der Verletzung des Opticus bewirkt werden. — Es mag bei dieser Gelegenheit mit erwähnt werden, dass Verletzung einer Stelle unweit der hinteren Grosshirnhemisphärenspitze nach einiger Frist intensive Vorwärts- oder Seitwärtsbewegungen erzeugt, gleichfalls wohl als Folge einer Täuschung motorischer Empfindung (Nothnagel). Wohl ähnlich deutet sich so die unbezähmbare Laufbewegung nach Verletzung „des Laufknotens" (Nothnagel) (des mittleren Theiles des Corpus striatum nahe dem freien, dem Ventrikel zugewandten Rande). Zunächst bleibt das Thier ruhig, wird es jedoch angetrieben, so rennt es jäh von dannen, bis es an einem Hinderniss zurückgehalten wird (Magendie, Schiff).

Ich habe die Beobachtung gemacht, dass bei allen Eingriffen an den Centralorganen, welche das Gleichgewicht tiefer beeinträchtigen, eine bedeutende Vermehrung und Vertiefung der Athemzüge statthat.

Sonstige Einwirkungen des Hirnes auf Puls,

Anderweitige Hirnfunctionen. — Einige Forscher haben nach Reizung der Hirnrinde Blutdruckschwankung und Aenderung des Herzschlages beobachtet, so z. B. Bochefontaine nach elektrischer Reizung der motorischen Bezirke für die Extremitäten. Balogh sah nach Reizung verschiedener Rindenpunkte beim Hunde Pulsbeschleunigung, von einem Punkte Pulsverminderung. Eckhard reizte die Hirnoberfläche beim Kaninchen und fand als Regel, dass so lange als nur einzelne gekreuzte Bewegungen in den Vorderextremitäten entstehen, kein Einfluss auf das Herz beobachtet wird, sondern dass erst mit dem Hinzutreten anderer Bewegungen auch Herzaffectionen sich einstellen. Sie bestehen in langsameren stärkeren mit schwächeren untermischten Pulsschlägen unter gleichzeitiger schwacher Erhöhung des Blutdruckes. Durchschneidet man vorher die beiden Vagi, so fallen die Einflüsse auf den Pulsschlag fort, aber die Erhöhung des Blutdruckes bleibt bestehen. Alle diese Versuche lassen bis dahin einen genügenden Einblick in das Verhältniss des Grosshirns zur Herzthätigkeit vermissen. Dass ein solcher besteht, beweisen unzweifelhaft die Wirkung psychischer Einflüsse auf den Herzschlag, die schon Homer und Chrysipp kannten. — Bochefontaine und Lépine sahen ferner noch nach Reizung mehrerer Rindenpunkte besonders in der Umgebung des Sulcus cruciatus des Hundes vermehrte Speichelsecretion (wie wir; pg. 269), ferner Verlangsamung der Magenbewegung, Peristaltik der Gedärme, Contraction der Milz, des Uterus, der Blase, vermehrte Athemzüge.

die Eingeweide,

und auf die Ernährung verschiedener Theile.

Es soll endlich noch aufmerksam gemacht werden auf einige von pathologischer Seite wichtige Beobachtungen, die man nach Verletzungen des Gehirns gemacht hat. So sahen Schiff, Brown-Séquard u. A. nach Verletzungen des Pons, des Streifenhügels, des Thalamus oft Hyperämien und Blutergüsse in den Lungen (nach Brown-Séquard namentlich nach Verletzung einer Ponshälfte in der gegenüberliegenden Lunge), in den Pleuren, dem Magen, Darme und Nieren. Magenblutung ist häufig nach Ponsverletzung im Niveau der Insertion der Pedunculi cerebelli. Analoge Erscheinungen sah man beim Menschen nach Apoplexien oder Hirnerweichungen.

Besonders beachtenswerth ist auch der von Charcot beschriebene cerebrale einseitige Decubitus acutus, der sich stets auf der gelähmten, also der cerebralen Herdaffection gegenüberliegenden Seite findet, am 2.—3. Tage schon beginnen und unter enormen Zerstörungen (Hinterbacke, Unterextremität) schnell zum Tode führen kann. [Der nach Rückenmarkserkrankung auftretende Decubitus beginnt meist in der Mittellinie des Gesässes und breitet sich von dort symmetrisch nach beiden Seiten hin aus. In Fällen einseitiger Rückenmarksverletzung findet sich diese Zerstörung auf der entsprechenden Kreuzbeinseite.]

382. Function des Kleinhirns.

Verletzungen des Kleinhirns haben in erster Linie Störungen des Körpergleichgewichtes zur Folge. Höchstwahrscheinlich handelt es sich im Kleinhirn um ein grosses wichtiges Centralorgan für die Coordination der Bewegungen. Die Verbindungen mit allen Strängen des Rückenmarkes, mit den centralen Ganglien des Mittelhirns und des Grosshirns und namentlich auch mit den Nerven der Ampullen (pg. 682) machen dasselbe hierzu befähigt. Verletzungen des Kleinhirns bewirken keine Taubheit. Alle Functionen des Kleinhirns sind vom Willen und vom Bewusstsein völlig unabhängig.

Beobachtungen nach Flourens.

Die Erscheinungen, welche die Verletzungen des Kleinhirns nach zich ziehen, hat nach meinen Erfahrungen Flourens, der erste Arbeiter auf diesem Gebiete, in treffendster Weise geschildert. Als er (bei einer Taube) die oberflächlichsten Schichten abtrug, zeigte das Thier nur Schwäche und Beeinträchtigung in der Gleichmässigkeit der Bewegungen. Waren die Lagen in mittlerer Tiefe entfernt, so trat grosse allgemeine Aufregung ein unter heftigen, unregelmässigen, aber nicht convulsivischen Bewegungen. Dabei war das Sensorium ungetrübt, auch functionirte das Seh- und Gehörorgan. Geordnete Bewegungen wie beim Gehen, Fliegen, Aufspringen, Umwenden waren nur in sichtlich geschwächter Ausführung möglich. Nach Wegschneiden der tiefsten Schichten endlich war das Vermögen, die genannten Bewegungen harmonisch zur Ausführung zu bringen, total vernichtet. Wurde die Taube auf den Rücken gelegt, so vermochte sie sich nicht aufzurichten; hierbei machte das Thier fortwährend die grössten Anstrengungen in seinen Bewegungen, die aber stets uncoordinirt und daher ohne geordneten Erfolg waren. Dabei war Wille, Intelligenz und Wahrnehmung erhalten, das Thier konnte sehen und hören, suchte drohenden Gegenständen auszuweichen, allein es erschöpfte sich in vergeblichen Bemühungen sich aufzurichten und blieb schliesslich erschöpft in einer abnormen Lage liegen. — Flourens zog aus diesen Versuchen den Schluss, dass dem Kleinhirn das Vermögen innewohne, die erregten willkürlichen Bewegungen zu coordiniren.

Dauer der Erscheinungen.

Nach oberflächlichen Läsionen, oder einfachen, wenn auch ziemlich tiefen Incisionen gehen die Coordinationsstörungen bald wieder vorüber (Flourens). Aber selbst auch nach Entfernung des grössten Theiles des Kleinhirns (bei Vögeln, nicht bei Säugern) hat man nach Monaten bis auf eine gewisse Schwäche und leichtere Ermüdung die (anfangs hochgradigen) Störungen wieder verschwinden sehen (Weir-Mitchell).

Auch beim Menschen haben Verletzungen oder Entartungen des Kleinhirns Störungen in der Coordination der Bewegungen beim Stehen und Gehen u. dgl. zur Folge.

Wirksamkeit verschiedener Stellen.

Ferrier fand bei Versuchen an Affen, dass sagittale Durchtrennung des Kleinhirns nur unbedeutende Gleichgewichtsstörungen setzte, nach Verletzung des vorderen Theiles des Mittellappens stürzt das Thier oft vornüber, nach der des hinteren Theiles desselben oft hintenüber bei gleichzeitiger Hintüberziehung des Kopfes. Nach Verletzung des Seitenlappens wird das Thier nach der Seite der Verletzung gezogen und gleichsam rotirt (Schiff, Vulpian, Ferrier, Hitzig u. A.). Trifft endlich die Verletzung den Brückenarm, so rollt das Thier heftig nach der verletzten Seite hin um seine Längsaxe

(Magendie). — Lähmungen treten niemals nach Verletzungen des Kleinhirns auf; ebenso wenig Störung des Gefühls oder des Tastsinnes. — Lussana vermuthete im Kleinhirn den Sitz des Muskelgefühles; mit Lemoigne glaubte er in ihm das Centrum für die Seitwärtskrümmung der Wirbelsäule gefunden zu haben.

Reizversuche am Kleinhirn.

Elektrische Reizversuche führten Ferrier zu dem Schluss, dass im Kleinhirn zugleich das Coordinationscentrum der Augenbewegungen liege. Durch Reizung des Wurmes bei Affen beobachtete er: beide Augen richteten sich nach derselben Seite hin, an der gereizt wurde; ausserdem fand eine gleichzeitige Wendung nach oben statt, wenn mehr im oberen Theile gereizt wurde, umgekehrt, wenn untere Partien vom Reize getroffen wurden. Reizung des halbmondförmigen Lappens der Hemisphäre wurde von einer Wendung beider Augen nach der Seite der Reizung und aufwärts begleitet. Statt der angegebenen Augenbewegung entsteht mitunter blos Nystagmus (pg. 666). Die Pupille, besonders auf der gereizten Seite, pflegte sich zu verengen. Auch der Kopf folgte den Bewegungen der Augen, ebenso bewegten sich die Extremitäten auf der gereizten Seite. — Die Reizung bewirkte kein Erbrechen, noch auch Erscheinungen am Genitalapparate, ebenso scheint sie keine Schmerzen zu bewirken. Letztere zeigen sich bei Reizung der Pedunculi ad pontem und ad corpora quadrigemina (Magendie, Longet).

Gleichgewichtsstörung und Schwindel beim Menschen.

Hiermit stehen die Beobachtungen beim Menschen im Einklange. Lässt man beim Menschen einen elektrischen Strom durch das Kleinhirn gehen, indem man die Elektroden in die Fossae mastoideae hinter beide Ohren setzt, und zwar so, dass der + Pol rechts, der — Pol links steht, so erfolgt beim Schluss unter starkem Schwindelgefühl Hinsinken des Kopfes und Körpers gegen den + Pol hin, während sich die Objecte der Aussenwelt nach linkshin zu verschieben scheinen. Sind während des Stromes die Augen geschlossen, so wird die Scheinbewegung auf das Individuum selbst übertragen, so dass es das Gefühl der Drehung nach linkshin hat (Purkinje). In dem Momente, in welchem der Kopf gegen die Anode sinkt, wenden sich auch die Augen dorthin und gerathen häufig in Nystagmus (Hitzig). — Es mag an dieser Stelle hinzugefügt werden, dass auch Verletzungen der Oblongata Schielen erzeugen. Das Auge der verletzten Seite sieht nach unten und vorn, das der intacten Seite nach oben und hinten. Die wirksame Stelle reicht vom Calamus scriptorius bis zu den Kleinhirnschenkeln zur Brücke (Schwahn).

Mit der Geschlechsthätigkeit steht das Kleinhirn in keiner Beziehung (Gall hatte eine solche behauptet). Doch sahen Valentin, Budge und Spiegelberg Uteruscontractionen nach Reizung des Kleinhirns.

383. Schutz- und Ernährungsapparate des Gehirns.

Die Hirnhäute.

Die Dura mater cerebralis ist innig mit dem Perioste der Schädelhöhle verwachsen, die Spinalis bildet um das Rückenmark einen, nur an der Vorderseite fixirten, frei suspendirten langen Sack. Sie ist eine fibröse Haut, welche aus straffen Bindegewebszügen mit reichlichen elastischen Fasern durchwebt und mit platten Bindegewebs- und Waldeyer'schen Plasmazellen ausgestattet ist. Die glatte Innenfläche trägt ein plattenförmiges Endothel Blutgefässe finden sich nur mässig reichlich, etwas mehr im äusseren Bereiche, Lymphgefässe sind zahlreich, Nerven mit unbekannter Endigung (am Felsenbein fand man Pacini'sche Körperchen) geben der Dura die grosse Empfindlichkeit gegen schmerzhafte Eingriffe. — Zwischen Dura und Arachnoidea liegt der lymphatische Subduralraum (Key und Retzius). Die zarte Arachnoidea, dünn und theilweise durchbrochen, arm an Gefässen, ohne Nerven, hat an beiden Flächen ein plattes Endothelium. Doch ist sie nur am Rückenmark von der Pia getrennt, so dass zwischen beiden der lymphatische Subarachnoidalraum liegt; am Hirn sind beide grösstentheils mit einander verwachsen, mit Ausnahme der Sulci-Ueberbrückungen. Ueber diese geht die Arachnoidea hinweg, während die Pia sich in die Tiefe einsenkt. — Die Pia, aus zarten Bindegewebsbündeln ohne elastische Fasern gewebt, sehr reich an Blut- und Lymphgefässen, führt Nerven in Begleitung der Gefässe bis in die Substanz der Centralorgane (Kölliker).

Die Lymphgefässe münden in den Subarachnoidalraum (vgl. pg. 359, 3). Ueber die Cerebrospinalflüssigkeit siehe pg. 366. — Die Pacchioni'schen Granulationen sind einfache Bindegewebsmassen. Die Adergeflechte umfassen Gefässconvolute, von unentwickeltem Bindegewebe umgeben; die Telae chorioideae tragen bei Neugebornen noch ein flimmerndes Epithel.

Die Hirnbewegungen.

Die Pulsationen der mächtigen basalen Hirngefässe ertheilen dem Gehirne die pulsatorischen Bewegungen, die Athembewegungen ausserdem noch eine respiratorische, so dass das Hirn bei der Exspiration sich hebt, bei der Inspiration sich senkt (pg. 160, 6). Die Bewegungen zeigen sich namentlich dort, wo die Umhüllungen des Hirns geringen Widerstand leisten, also z. B. an den Fontanellen der Kinder, an künstlichen Trepanationsöffnungen. Doch ist das Vorhandensein der Cerebrospinalflüssigkeit für diese Bewegung sehr wichtig, wohl deshalb, weil sie den Druck gleichmässig fortpflanzt und so alle systolische und exspiratorische Gefässerweiterung auf die Stelle des nicht Widerstand leistenden Theiles der Hirnumhüllung concentrirt (Donders). Ist die Flüssigkeit abgelaufen, so wird die Bewegung bis zum Verschwinden klein.

Die Hirngefässe.

Die Gefässe der Pia stehen natürlich unter dem Einflusse der Gefässnerven (pg. 697, 3), auf deren Weite auch von entlegenen Körpertheilen eingewirkt werden kann (pg. 734). Schliesst man eine Trepanationsöffnung durch ein kleines eingesetztes Glasfenster, so kann man selbst mit dem Mikroskope die Einwirkungen auf die Gefässlumina beobachten (Donders). Lähmungen der Gefässnerven, auch durch Narcotica, erweitern die Gefässe; — im Tode ziehen sie sich stark zusammen (pg. 733). Sowohl bei Gehirnthätigkeit (pg. 198, 6), als auch beim Einschlafen erweitern sich die Hirngefässe. — Verstärkter Druck in der Schädelhöhle bewirkt vielfache Störungen der Hirnthätigkeit: erschwertes Athmen (pg. 725, b), Unbesinnlichkeit bis zur Betäubung, Lähmungserscheinungen, die alle nur zum Theil auf Circulationsstörungen bezogen werden können. Plötzliche Unterbindung aller Gehirnarterien bewirkt sofortigen Verlust des Sensoriums, weiterhin starke Reizung der Medulla oblongata und ihrer Centra und schnellen Tod unter Krämpfen (vgl. pg. 705, 3).

Durch die weiten Anastomosen an der Basis sind die einzelnen Hirntheile vor Blutverarmung bei Compression oder Ligatur eines oder anderen Gefässes gesichert. — Plötzliches Aufrichten von Personen, die lange gelegen haben und zugleich blutarm sind, hat nicht selten Hirnanämie aus hydrostatischer Ursache zur Folge, verbunden mit Schwinden des Bewusstseins und Umnebelung der Sinne. Liebermeister hält die Schilddrüse für ein collaterales Blutreservoir, welches bei den besagten Lageveränderungen sich gegen den Kopf hin entleeren kann. Vielleicht erklärt sich auch so die Schwellung der Schilddrüse bei vermehrter Herzaction, durch welche das Hirn von Blut überladen werden könnte, als Compensationserscheinung (pg. 739). — Sehr heftige Muskelanstrengungen, sowie starke Thätigkeit anderer Organe, setzten den Druck in der Carotis sehr bedeutend herab.

384. Vergleichendes. Historisches.

Vergleichendes über das Nervensystem.

Bei den Protozoen fehlen die Nerven. — Unter den Cölenteraten finden sich in den Neuromuskelzellen (pg. 549) der Hydroiden und Medusen die ersten Andeutungen eines Nervenapparates. Bei den letzteren läuft überdies dem Rande des Schirmes entlang eine geschlossene Nervenkette, welche allemal den Randkörpern entsprechend zellenreiche Verdickungen erkennen lässt, von denen Fäden zu den Sinnesorganen verlaufen. — Unter den Würmern zeigt sich vielfach ein dem Kopfe angehöriger Ring, der bei den darmhaltigen den Schlund als einfacher oder doppelter Schlundring umkreist. Von diesen gehen in den gestreckten Körper hinein Längsstämme ab, häufig zwei, welche den Körperringeln entsprechend Ganglien tragen und hier anastomosiren; beim Blutegel ist nur ein ganglientragender Längsstamm, das sogenannte „Bauchmark“ vorhanden. — Bei den Echinodermen umgibt den Mund ein grosser Nervenring; von ihm gehen den Hauptstämmen des Wassergefässsystemes entsprechend grosse Nerven ab. An der Abgangsstelle ist der Nervenring mit den sogenannten

„Ambulacralgehirnen“ versehen. — Die Arthropoden besitzen oberhalb des Schlundes ein grosses Kopfganglion, von welchem die Sinnesnerven ausgehen. Ein anderes unter dem Schlunde liegendes Ganglion ist jederseits mit dem ersteren durch eine Commissur verbunden. Von hier aus erstreckt sich die Bauchganglienkette durch die Brust und das Abdomen; bald verschmelzen mehrere Ganglien zu einem grösseren Nervenknoten, bald sind sie für die Mehrzahl der Körpersegmente isolirt erhalten. — Auch bei den Mollusken ist der Schlundring noch vorherrschend, in welchem jedoch die gangliösen Massen eine sehr wechselvolle Lage innehaben können. Eine Anzahl entfernt liegender, mit dem Schlundring durch Fäden vereinigter Ganglien repräsentiren den Sympathicus. — Bei den Cephalopoden wird ein Theil des der Commissuren fast völlig entbehrenden Schlundringes als „Gehirn“ in eine knorpelige Schädelkapsel aufgenommen. Ausserdem trifft man Ganglien am Magen und an den Herzen. — Bei den Wirbelthieren liegt das Nervensystem stets auf der Dorsalseite des Körpers. Bei Amphioxus ist es noch nicht in Hirn und Rückenmark getrennt. Ueber die Theile des Gehirns der Vertebraten ist bereits pg. 749 berichtet; über die peripheren Nerven vgl. pg. 699.

Historisches.

Historisches. Alkmäon (580 v. Chr.) verlegte das Bewusstsein in das Gehirn, Galen (131—203 n. Chr.) den Antrieb zu den willkürlichen Bewegungen. Aristoteles (384 v. Chr.) schreibt dem Menschen das relativ grösste Gehirn zu; er hält die kleinen Menschen für die geistig bevorzugten. Herophilus (307 v. Chr.) bezeichnet den Calamus scriptorius; wohl durch Versuche geleitet hält er den vierten Ventrikel für den wichtigsten für das Leben. Freilich findet sich schon bei Homer die wiederholte Andeutung über die Lebensgefährlichkeit der Verletzung des Nackens (Sitz der Medulla oblongata). Vesalius beschreibt (1540) die fünf Hirnhöhlen. R. Columbo sah (1559) die mit der Herzaction isochrone Hirnbewegung, über welche auch Riolan (1618) Genaueres mittheilt. Coiter fand (1573) die Lebensfähigkeit nach Herausnahme des Grosshirns. Schneider (1660) bestimmte das Gehirngewicht der verschiedenen Thiere. Mistichelli (1709) und Petit (1710) beschreiben die Durchkreuzung der Rückenmarksfasern unterhalb des Pons. Gall wies den theilweisen Ursprung des Opticus aus dem vorderen Vierhügel nach, er lieferte durch die Hirnzergliederung von unten die besten Aufschlüsse über den Faserverlauf und die Windungen des Gehirns (1809). Rolando bestimmt die grosse Centralfurche des Gehirns; er und Bellinger (1823) beschreiben genauer die Gestalt der grauen Rückenmarkssubstanz; Carus entdeckt darin (1814) den Centralcanal. Das gehaltreichste anatomische Werk über das Gehirn schrieb Burdach (1819—1826). Die neueren Forschungen über die Centralorgane des Nervensystemes sind im Texte ausführlich angegeben.

Physiologie der Sinneswerkzeuge.

385. Einleitende Vorbemerkungen.

Erfordernisse für das Zustandekommen der Sinneswahrnehmungen.

Die Sinnesorgane haben die Aufgabe, von den verschiedenartigen Erscheinungen in der Aussenwelt Eindrücke auf die Psyche zu übertragen: sie sind also die vermittelnden Werkzeuge der sinnlichen Wahrnehmungen. Damit solche zu Stande kommen, muss folgenden Erfordernissen genügt werden: 1. Das mit seinen specifischen Endapparaten ausgerüstete Sinnesorgan muss in seinen anatomischen Bestandtheilen intact und physiologisch functionsfähig sein. — 2. Es muss ein „specifischer" Reiz vorhanden sein, der in normaler Weise das Endorgan erregend trifft. — 3. Es muss vom Sinnesorgan durch die Bahn des betreffenden Sinnesnerven eine ununterbrochene Leitung zum Grosshirn vorhanden sein. — 4. Es muss bei der Einwirkung der Erregung die psychische Thätigkeit (Aufmerksamkeit) auf den Erregungsvorgang gerichtet sein; — so entsteht zunächst die Empfindung, z. B. des Lichtes, des Schalles durch das Sinnesorgan. — 5. Wird nun endlich durch einen psychischen Act die Empfindung auf die äussere Ursache bezogen, so kommt es zur bewussten sinnlichen Wahrnehmung. Oft vollführt sich jedoch diese Beziehung als ein unbewusster Schluss, indem sie lediglich aus gemachten Erfahrungen hergeleitet wird.

Homologe und heterologe Reize.

Unter den Reizen, welche den Endapparat des Sinneswerkzeuges treffen, unterscheidet man: 1. Adäquate oder homologe Reize, d. h. solche, für deren erregende Thätigkeit das Organ besonders gebaut ist, wie die Stäbchen und Zapfen der Netzhaut für die Schwingungen des Lichtäthers. So kommt einer jeden Sinnesnervenendigung eine specifische Erregung zu (Gesetz der specifischen Erregung von Joh. Müller). — 2. Es sind aber auch weiterhin noch Reize anderer Art (mechanische, thermische, chemische, elektrische, innere somatische) von Wirksamkeit, z. B. Funkensehen beim Schlag auf's Auge, Ohrenklingen bei Blutwallung zum Kopfe. Diese heterologen Reize sind wirksam auf die nervösen Bestandtheile des Sinnes-

werkzeuges in ihrem ganzen Verlaufe von dem Endapparat bis zur Hirnrinde. Die adäquaten Reize wirken hingegen nur auf den Endapparat, z. B. ist Licht, auf den Stamm des blossgelegten Sehnerven geworfen, völlig wirkungslos.

Stärke und Grenze der Reize. Die homologen Reize sind für die Sinnesorgane nur in einer gewissen Breite der Stärke wirksam. Ganz schwache Reize sind nämlich zunächst noch unwirksam. Derjenige Grad der Stärke der Reizung, bei welcher die erste Spur der Empfindung anhebt, wird die „Schwelle" der Empfindung oder „Schwellenwerth" (Fechner) genannt. Mit zunehmender Stärke des Reizes wachsen die Empfindungen, und zwar nehmen die Empfindungen um gleichviel zu, wenn die Reizgrössen in gleichen Verhältnisstheilen zunehmen. So haben wir z. B. dieselbe Empfindung gleicher Helligkeitszunahme, wenn statt 10 Kerzen 11 oder wenn statt 100 Kerzen 110 ihr Licht entsenden (Verhältniss der Zunahme in beiden Fällen gleich ein Zehntel). Da die Logarithmen der Zahlen um gleiche Grösse wachsen, wenn die Zahlen um einen gleichen Verhältnisstheil wachsen, so hat man auch das Gesetz so ausgedrückt: „die Empfindungen wachsen nicht wie die absoluten Grössen der Reize, sondern annähernd wie die Logarithmen der Reizgrössen". Die Richtigkeit dieses sogenannten „psychophysischen Gesetzes" Fechner's ist jedoch neuerdings von E. Hering bestritten worden. — Zu intensiv einwirkende specifische Reize erregen eigenthümliche schmerzhafte Gefühle, z. B. Gefühl der Blendung, der Betäubung des Ohres u. s. w. — Die Sinnesorgane reagiren weiterhin auf die adäquaten Reize nur innerhalb bestimmter Grenzen dieser, z. B. das Ohr auf Schwingungen tönender Körper nur für einen gewissen Umfang der Schwingungszahlen, oder die Netzhaut nur für die Schwingungen des Lichtäthers zwischen roth und violett, jedoch nicht für die Wärmeschwingungen mehr, und auch nicht für die chemisch wirksamen Schwingungen. — Als Nachempfindungen bezeichnet man die Erscheinung, dass die Empfindungen in der Regel länger dauern, als der Reiz; hierher gehören die Nachbilder, anhaltende Empfindung nach Druck auf die Haut u. dgl. — Subjective Empfindungen kommen endlich dadurch zu Stande, dass Reize aus inneren somatischen Ursachen den Nervenapparat des Werkzeuges erregen. Den höchsten Grad derselben, meist auf krankhaften Reizungen der psychosensoriellen Rindencentra beruhend, bezeichnet man als Hallucinationen, z. B. wenn ein Delirant Gestalten sieht oder Stimmen vernimmt, die gar nicht vorhanden sind. Im Gegensatze zu diesen bezeichnet man als Illusionen die Modification einer wirklich vorhandenen Empfindung durch die Psyche; wenn z. B. das Rollen eines Wagens für Donner erklärt wird. Die Besprechung der verschiedenen Sinneswerkzeuge wird das Einzelne erläutern.

„Schwelle".

Fechner's psychophysisches Gesetz.

Nachempfindungen.

Subjective Empfindungen.

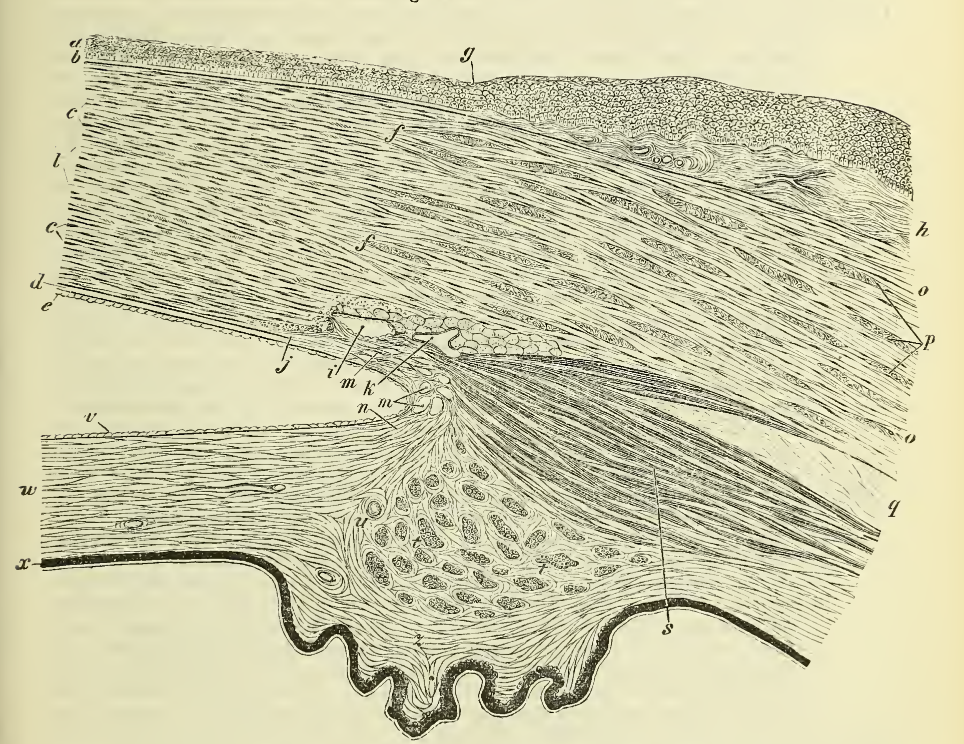
Hallucinationen und Illusionen.

Das Sehwerkzeug.

386. Anatomisch-histologische Vorbemerkungen. — Der intraoculäre Druck.

Die folgende anatomisch-histologische Skizze kann sich nur auf die physiologisch wichtigen Punkte beziehen; sie setzt natürlich die Kenntniss des anatomischen Baues des Auges voraus.

Fig. 145.



Meridionaler Durchschnitt durch die Corneo-Scleralgrenze. *a* Vorderes Cornea-Epithel, *b* Bowman'sche Lamelle, *c* Hornhautkörperchen resp. Saftlücken, *l* Hornhautlamellen; das Ganze zwischen *b* und *d* ist die Substantia propria corneae, *d* Descemet'sche Membran, *e* das Epithel der letzteren, *f* Uebergang der Cornea in die Sclera, *g* Limbus conjunctivae, *h* Conjunctiva. *i* Schlemm'scher Canal, *k* Leber-scher Venenplexus, von Leber als zum vorigen gehörend angesehen, *m m* Maschen im Gewebe des Lig. iridis pectinatum, *n* Iriswurzel, *o* longitudinale, *p* circuläre (quer getroffene) Faserbündel der Sclera, *q* Perichorioidealraum, *s* meridionale, *t* aequatorial (circulär) verlaufende Bündel des Ciliarmuskels, *u* Querschnitt einer Art. ciliaris, *v* Epithel der Iris (Fortsetzung desjenigen der hinteren Cornealwand), *w* Substanz der Iris, *x* Pigment der Iris, *z* Ciliarfortsatz.

Hornhaut.

Die Cornea wird der Einfachheit wegen als gleichmässig kugelförmig gewölbt angenommen, obschon sie eigentlich von dieser Gestalt abweicht. Sie gleicht vielmehr dem Scheitelabschnitte eines etwas schiefliegenden Ellipsoides, welches man sich durch Umdrehung einer Ellipse um ihre

grosse Axe entstanden denken muss (Brücke). Dieselbe ist überall annähernd gleich dick, nur bei Neugebornen im Centralbezirke etwas dicker, beim Erwachsenen etwas verdünnt. Die Hornhaut hat folgende Schichten: 1. Das vordere geschichtete kernhaltige Epithel (a) besteht aus zahlreichen Zellenlagen. Die tiefsten haben eine mehr kegelförmige Gestalt, stehen senkrecht neben einander und heissen Stützzellen. Die mittleren Zellschichten sind mehr gewölbt und greifen mit zackigen Fortsätzen ihrer Ränder in entsprechende Lücken ihrer Nachbarn ein. Die obersten Zellen sind flache, völlig glatte, härtere, Keratin enthaltende Plattenepithelien. — 2. Die Epithelschicht ruht auf der Membrana elastica antica (Bowman's Lamelle), einer structurlosen Glashaut (b), deren Existenz jedoch von Einigen (Brücke) bestritten wird. — 3. Die eigentliche Corneasubstanz besteht aus (chondrinhaltigen) Fasern (Joh. Müller, Rollett), die sich aus zartesten Bindegewebsfibrillen zusammensetzen. Diese Fasern sind zu mattenartigen Lamellen (l) mit einander verflochten, welche letztere schichtenweise über einander gelagert sind. Gegen die vordere Elastica biegen diese Bündel als Stützfasern um In den Lücken der Geflechte befindet sich ein System zusammenhängender Hohlgänge, welche eine Art von Wandungsschicht erkennen lassen. Diese anastomosirenden Gänge sind lymphatischer Natur (pg. 357, 1) und stehen weiterhin mit Lymphgefässen der Conjunctiva in Verbindung. In den Lücken liegen die fixen Hornhautkörperchen (c), welche vielfältig mit Ausläufern anastomosiren und den Charakter protoplasmatischer Zellen haben. Kühne sah auf Reizung der Hornhautnerven diese Zellen sich zusammenziehen (pg. 372, 7); auch der anatomische Zusammenhang der Nerven mit den Zellen ist nachgewiesen (Kühne, Waldeyer). Nach v. Recklinghausen können auch Wanderzellen von aussen in das Gangwerk eindringen, über deren Vermehrung bei der Entzündung pg. 370, 4 berichtet ist. — 4. Die glashelle structurlose hintere elastische Membran (d), die Descemet'sche oder Demours'sche Haut besitzt bei manchen Thieren eine streifige, auf schichtweise Verdichtungen deutende Zeichnung, gegen den Cornealrand mitunter leichte kleine buckelförmige Hügel. Diese Membran ist sehr zäh und (bei Entzündungen u. dgl.) widerstandfähig; wird sie abpräparirt, so rollt sie sich nach der convexen Seite um. Ihre periphere Begrenzung geht in das faserige elastische genetzte Ligamentum iridis pectinatum über, dessen Balken vom Epithel überzogen sind. — 5. Das hintere einschichtige Hornhaut-Epithel besteht aus flachen, zarten, kernhaltigen Zellen (e), welche sich vom Rande der Hornhaut auf die vordere Fläche der Iris begeben (v). — Die Nerven der Hornhaut (aus den Nn. ciliares longi et breves stammend, pg. 668) sind theils sensibler Natur. Diese treten von der Umrandung der Hornhaut als Stämmchen anfangs markhaltiger Fasern ein. Weiterhin geht die Markhülle verloren, die zertheilten Fibrillen bilden in der obersten Schicht der Hornhautsubstanz ein dichtes Geflecht, die nun in die Epitheliallage eindringen, senkrecht aufsteigend sich nochmals verzweigen und schliesslich zwischen den Epithelien als feinste (durch Behandlung mit Goldchlorid sichtbare) Fäserchen mit punktförmigen Knöpfchen endigen (Hoyer, Cohnheim). Die trophischen Fasern der Hornhaut (pg. 670) sind wohl jene tieferen, zu den Hornhautkörperchen hintretenden Zweige (pg. 671, 4). — Blutgefässe besitzt nur der äusserste Hornhautrand (Fig. 146 v), welche oben 2 Mm., unten 1,5 Mm., seitlich 1 Mm. über den Rand hinaus vordringen; doch biegen von hier die äussersten Capillarschlingen arkadenartig zurück. — Trübungen der Hornhaut verursachen vielfache Sehstörungen.

Vorderes Epithel. — *Bowman's Lamelle.* — *Cornea-substanz.* — *Descemet-sche Haut.* — *Hinteres Cornea-Epithel.* — *Nerven.* — *Gefässe.*

Sclera. **Die Sclera** ist eine derbe fibröse, aus äquatorial (p) und meridional (o) verlaufenden Bindegewebsbündeln gewebte Haut. In ihren Spalträumen besitzt sie theils farblose und pigmentirte Bindegewebskörperchen (Waldeyer), theils wandernde Lymphoidzellen. Sie ist hinten am dicksten, gegen die Aequatorialgegend am dünnsten, weiter vorn wird sie durch die Insertion der Sehnen der geraden Augenmuskeln wieder dicker. Sie enthält nur wenige Blutgefässe, die unter ihrer inneren Oberfläche ein weitmaschiges Capillarnetz bilden. Andere Gefässe bilden um den eintretenden Sehnerven einen arteriellen Gefässkranz. Selten hat sie die Gestalt einer Kugel, vielmehr ist sie entweder mehr einem Ellipsoid ähnlich, das entstanden gedacht werden muss durch die Rotation einer

Ellipse um deren kleine Axe (kurze Augen), oder um deren grosse Axe (lange Augen). Von oben und von unten her greift die Sclera falzartig über den hellen Cornearand hinweg, weshalb die Hornhaut von vorn gesehen querelliptisch, von hinten kreisförmig erscheint. Dem Rande der Hornhaut folgend, aber noch innerhalb der Substanz der Sclera selbst belegen, verläuft der mit anderen anastomosirenden Venen (Leber'scher Venenplexus) (k) sich vereinigende Ringcanal: der Canalis Schlemmii (i); Schwalbe und Waldeyer halten letzteren für einen Lymphgang. Hinten geht die Sclera in die von der Dura mater abstammende Sehnenhülle des Sehnerven über.

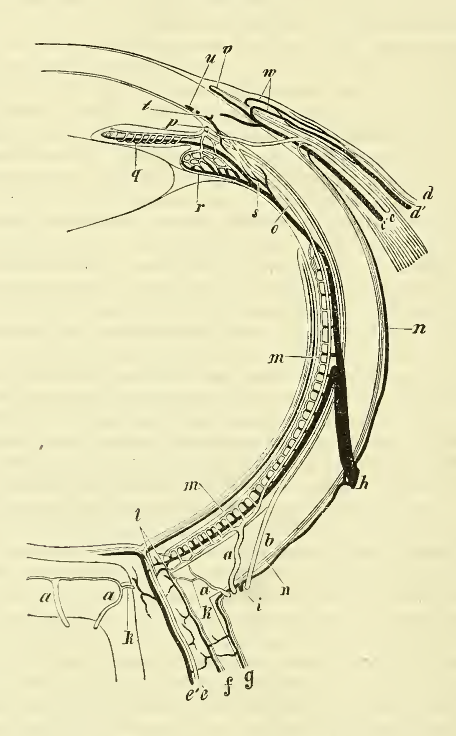
Schlemm-scher Canal.

Die **Tunica uvea** oder der Uvealtract setzt sich aus der Chorioidea, dem Ciliartheile derselben und der Iris zusammen. Die Chorioidea führt die folgenden Schichten: 1. zu innerst liegt eine nur 0,7 μ dicke glashelle Grenzschicht, die sich nach vorn etwas verdickt. Dann kommt 2. das ausserordentlich reiche Capillarnetz der Choriocapillaris s. Membrana Ruyschii, eingebettet in einer homogenen Lage Dann folgt 3. eine Lage eines dichten elastischen Netzes, welches an beiden Flächen von einem Endothel überkleidet ist (Sattler). Dann folgt 4. die eigentliche Chorioidea, eine Lage mit pigmentirten Bindegewebskörperchen, welche in einer Schicht eines kräftigeren elastischen Netzes die zahlreichen venösen Gefässe, sowie die Arterien trägt. Endlich findet sich 5. die den grossen mit Endothel ausgekleideten lymphatischen Perichorioidalraum (q) umfassende, mit pigmentirten Bindegewebszellen ausgestattete Schichte, welche auch Suprachorioidea oder Lamina fusca genannt wird. Bei Neugebornen (die alle dunkelblaue Iris haben, Aristoteles) ist das Uvealgewebe noch pigmentlos; bei Brünetten kommt es später zur Entwickelung, bei Blonden nicht. — In dem Ciliartheile der Aderhaut treten die pigmentirten Bindegewebskörperchen zurück. Hier liegt der Ciliarmuskel (Accommodationsmuskel, Tensor chorioideae, Brücke's Muskel), der theils mit meridional verlaufenden Bündeln (s) mittelst eines verzweigten netzförmigen bindegewebigen Ursprunges von der Innenseite der Corneoscleralgrenze, unweit des Schlemm'schen Canales entspringt und nach hinten in die Chorioidea ausstrahlt, theils mit mehr nach Innen liegenden circulären Bündeln (t) durch den Ciliarrand zieht (Hein. Müller's Muskel). Der motorische Nerv dieses glatten Muskels ist der N. oculimotorius (pg. 665, 3). — Die Iris trägt in ihrem, bei Brünetten mit pigmentirten Bindegewebszellen ausgestatteten Gerüste 2 glatte Muskeln: den Sphincter pupillae, welcher das Sehloch umkreist und der hinteren Irisfläche naheliegt (er wird vom Oculimotorius innervirt, pg. 665, 2) und den Dilatator pupillae. Letzterer besteht aus einer dünneren Lage radiär ziehender Fasern, die theils bis zum Pupillarrand ziehen, theils in den Sphincter umbiegen. Am äusseren Irisrande gehen die radiären Züge bogenförmig in einander über und bilden hier einen kreisförmigen Muskelzug (Merkel). Der Nerv des Dilatator pupillae ist vornehmlich der Sympathicus (pg. 668, 3). [Die Existenz des M. dilatator pupillae wird von Grünhagen bestritten.] Ganglien finden sich an den Ciliarnerven in der Chorioidea. — Von grosser Bedeutung für die Ernährung des Auges ist der Verlauf der Chorioidealgefässe. Derselbe verhält sich nach Leber also: Unter den Arterien sind 1. die Art. ciliares posticae breves (Fig. 146 a a), welche gegen 20 die Sclera in der Umgebung des Sehnerven durchbohren. Sie gehen in das reiche Netz der Choriocapillaris (m) über, das bis zur Ora serrata reicht. — 2. Die 2 Art. ciliares posticae longae, von denen die eine an der Nasen-, die andere an der Schläfenseite liegt, verlaufen (b) bis zum Ciliartheil der Chorioidea, wo sie sich gabelig theilen und bis in die Iris vordringen, wo sie in die Bildung des Circulus arteriosus iridis major (p) eingehen. — 3. Die Art. ciliares anticae (c), die den Rami musculares entstammen, durchbohren vorn die Sclera und geben Aeste in den Ciliartheil der Chorioidea und in die Iris. Von ihnen laufen etwa 12 Zweige rückwärts (o) zur Choriocapillaris. Von den Venen entnehmen 1. die Ven. ciliares anticae (c_1) das Blut dem vorderen Theile der Uvea und führen es nach aussen. Diese Zweige hängen mit dem Schlemm'schen Canal und dem Leber'schen Venenplexus zusammen. Sie nehmen jedoch kein Blut aus der Iris auf. — 2. Die Venennetze des Ciliarkörpers (r), denen auch das Irisblut (q) zufliesst, begeben sich rückwärts zu

Uvealtract. Chorioidea. *Ciliartheil.* *Iris. Muskeln.* *Gefässe der Uvea.*

den Chorioidealvenen. — 3. Die grossen Vasa vorticosa Stenonis durchbohren endlich mit ihren Stämmen (h) hinter dem Aequator des Bulbus die Sclera. — Der innere Rand der Linse schleift auf der vorderen Linsenfläche; die hintere Augenkammer ist zwar auch beim Erwachsenen wenig geräumig, aber nur beim Neugebornen bis zum Verschwinden eingeschränkt. Berliner Blau in die vordere

Fig. 146.



S c h e m a t i s c h e D a r s t e l l u n g d e s G e f ä s s v e r l a u f e s i m A u g e n a c h Th. L e b e r.
Horizontalschnitt. Venen schwarz, Arterien hell (doppelt contourirt). *a* Art. cil. post. brev. *b* Art. cil. post. long. *c c'* Art. und Ven. cil. ant. *d d'* Art. und Ven. conjunct. *e e'* Art. und Ven. centr. ret. *f* Gefässe der innern. *g* der äussern Opticus-Scheide. *h* Ven. vort. *i* Venul. cil. post. brev. gehören nur der Sclera an. *k* Ast der Art. cil. post. br. zum Opt. *l* Anastomose der Chor.-Gefässe mit denen des Opt. *m* Choriocapillaris *n* Episclerale Aeste. *o* Art. recurr. chor. *p* Circul. art. irid. maj. (Querdurchschnitt). *q* Gefässe der Iris. *r* Ciliarfortsatz. *s* Ast der Ven. vort. aus dem Ciliarmuskel. *t* Ast der vord Cil.-Ven. aus dem Ciliarmuskel. *u* Circ. ven. *v* Randschlingennetz der Hornhaut. *w* Art. und Ven. conj. ant.

Augenkammer injicirt, tritt fast regelmässig in die vorderen Ciliarnerven (S c h w a l b e), selbst bei lebenden Thieren, ebenso Carmin (H e i s r a t h); daher schliessen diese Forscher, dass eine d i r e c t e Communication zwischen Venen und Kammer bestehen müsse, da eine Diffusion dieser Farbstoffe durch Membranen nicht statthat.

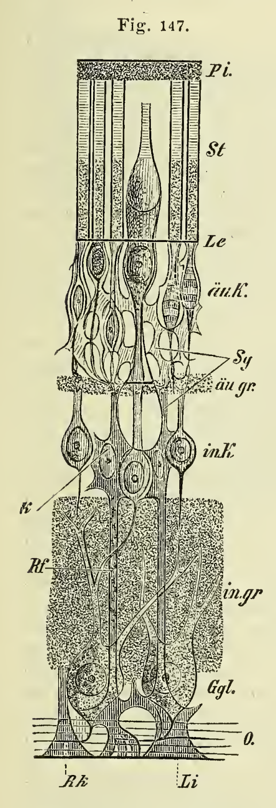
Nach Innen von der Chorioidea liegt das einschichtige aus sechseckigen, 0,0135—0,02 Mm. breiten, mit krystallinischem Pigment erfüllten Zellen bestehende Epithel, welches eigentlich der Retina angehört. Es ist einschichtig

bis zur Ora serrata; auf die Processus ciliares und die Rückseite der Iris sich fortsetzend (x) wird es mehrschichtig. Bei Albinos ist es pigmentlos, dahingegen sind die obersten Zellen, welche auf den Firsten der Ciliarfortsätze liegen, stets ohne Pigment.

Retina.

Die Netzhaut grenzt nach aussen an das sechseckige Pigmentepithel (Pi), welches in entwickelungsgeschichtlicher und functioneller Beziehung der Retina angehört. Die Zellen sind nicht platt, sondern sie senden pigmentirte Fortsätze in die zwischen die Stäbchenenden befindlichen Lücken. — Unter den eigentlichen Schichten der Netzhaut liegen — 1. die als Neuroepithel bezeichneten (Schwalbe) Stäbchen (St) und Zapfen (die an der Eintrittsstelle des Sehnerven fehlen) am meisten nach aussen. Beide bestehen aus einem Aussenglied und einem Innenglied. Die Aussenglieder enthalten während des Lebens einen rothen Farbstoff (Boll) das Sehroth oder den Sehpurpur, der sich im Dunklen conserviren lässt, im Tageslicht jedoch ausbleicht, sich jedoch im Auge wieder ersetzt. Er ist durch Gallensäuren ausziehbar (Kühne). Die Stäbchen 0,04—0,06 Mm. hoch und 0,0016 bis 0,0018 Mm. breit zeigen eine longitudinale durch Vertiefungen bedingte Streifung; in der Axe verläuft eine feine Fibrille (Ritter). Das Aussenglied zerfällt mitunter in zahlreiche feinste Querplättchen. Krause fand an der Grenze des Aussen- und Innengliedes in den Stäbchen einen ellipsoiden Körper, das „Stäbchenellipsoid". Die flaschenförmigen Zapfen sind ohne Sehroth, das Aussenglied zeigt ebenfalls Längsstreifung und zerfällt sehr leicht in Plättchen. In der Macula lutea finden sich nur Zapfen; in ihrer Umgebung ist allemal ein Zapfen von einem Kranze von Stäbchen umgeben. Je weiter in die Peripherie der Netzhaut hinein, um so spärlicher sind die Zapfen. Nächtliche Thiere (Eule, Fledermaus) besitzen entweder gar keine Zapfen, oder nur verkümmerte. Die Retina der Vögel hat viele Zapfen, die der Eidechse nur Zapfen. Stäbchen und Zapfen stehen auf der siebartig durchbrochenen Membrana limitans externa (L. e.), beide senden Fortsätze durch die Löcher, die Zapfen zu den grösseren und höher liegenden Zapfenkörner, die Stäbchen zu den quergestreiften Stäbchenkörner. Die Körner gehören — 2. der „äusseren Körnerschicht" an, welche nebst allen folgenden Schichten als „Gehirnschichten" (Schwalbe) bezeichnet werden.

Fig. 147.



Schichten der Netzhaut.

Es folgt nun — 3. die Zwischenkörnerschicht (äu K.) durch welche die von den Körnern abgehenden Fasern hindurch gehen (Merkel), um — 4. zu den Körnern der inneren Körnerschicht (in K) zu gelangen. — 5. Durch die moleculare feinkörnige Lage (in gr.) lassen sich die von den Körnern weitergehenden Fasern nicht continuirlich mehr verfolgen. Hier scheinen sie sich in ein Netzwerk feinster Fibrillen zu verbreiten, in welches sich auch die verästelten Ausläufer der Ganglien der — 6. Ganglienschicht (Ggl.) einsenken. Nach v. Vintschgau hängen jedoch die Ganglienausläufer mit den Fasern der Körner zusammen. Zuletzt liegt — 7. die Schicht der Opticusfasern (o) der Membrana limitans interna (Li) an. Die Opticusfasern fehlen in der Macula lutea, woselbst jedoch reichlich Ganglien liegen. Zwischen den beiden homogenen Membranae limitantes (Li und Le) liegt die bindegewebige Stützsubstanz der Netzhaut. Sie enthält die, nur

im gelben Flecke fehlenden, radiär alle Gehirnschichten durchsetzenden Fasern, die Müller'schen Stützfasern, die verbreitert auf der Limitans interna beginnen (Rk) und in ihrem Verlaufe kernhaltige Bildungen (k) tragen. Im Uebrigen bildet die Stützsubstanz durch alle Schichten ein Netzwerk, welches für die durchtretenden nervosen Theile entsprechende Lücken lässt. Auch die Innenglieder der Stäbchen und Zapfen sind noch von einer Stützsubstanz umhüllt. — Die nach der Ora serrata hin stets dünner werdende Netzhaut wird stetig reicher an Binde- und ärmer an Nervengewebstheilen, bis man im Ciliartheil nur noch cylindrische Zellen antrifft.

Die Blutgefässe der Netzhaut liegen in den inneren Schichten bis gegen die inneren Körner hin. Sie stehen nur an der Eintrittsstelle des Sehnerven mit den Chorioidalgefässen durch feine Aestchen in Verbindung; sie besitzen perivasculäre Lymphbahnen. — Zerstörungen der Netzhaut hat Blindheit zur Folge.

Linse. Die von einer vorn dickeren, hinten dünneren structurlosen Kapsel umgebene **Linse** hat an der Innenfläche der vorderen Kapselwand ein niedriges würfelförmiges Epithel. Nach dem Rande der Linse zu verlängern sich diese Zellen zu Fasern, welche alle um den Rand der Linse umbiegen und auf beiden Seiten der Linse mit ihren Enden in je einer sternförmigen Figur (Linsenstern) zusammenstossen Die Linsenfasern enthalten Globulin in einer Art Hülle eingeschlossen. Sie platten sich gegen einander sechseckig prismatisch ab und sind bei manchen Thieren (Fischen) an ihren Rändern mit Zähnchen in einander gefügt

Der Einfachheit wegen wird die Linse als biconvexe, mit kugeligen Flächen versehene Linse betrachtet, deren hintere Fläche eine stärkere Wölbung besitzt. Thatsächlich stellt jedoch die vordere Fläche einen Theil eines Ellipsoids dar, das durch Rotation um die kleine Axe entstanden gedacht werden kann. Die hintere Fläche gleicht dem Scheitelabschnitt eines Paraboloids, d. h. sie kann entstanden gedacht werden durch Rotation einer Parabel um ihre Axe (Brücke). Die äusseren Lagen der Linse haben ein geringeres Brechungsvermögen als die mehr und mehr nach innen liegenden. Der mittlere Kern ist zugleich von festerer Consistenz und dabei stärker convex als die Gesammtlinse. Der Rand der Linse ist immer von den Processus ciliares durch einen Zwischenraum getrennt. *Zonula Zinnii.* Die an der Ora serrata entstehende Zonula Zinnii legt sich als halskrausenförmig gefaltete Membran so dem Ciliartheil der Uvea an, dass die Ciliarfortsätze sich in die Falten derselben hineindrücken und mit ihnen verklebt sind. Dann tritt sie zum Linsenrande, an dessen vorderem Bereiche sie sich mit wellenförmiger Insertion befestigt. Hinter der Zonula Zinnii bis zum Glaskörper reichend liegt der Petit'sche Canal. Die Zonula ist eine faserig durchbrochene Membran (Schwalbe, Vlacovitsch); nach Merkel wäre auch der Petit'sche Canal von feinsten Fasern eingenommen. Immerhin erhält die Zonula als gespannte Membran die Linse in ihrer Lage, und sie kann so als Aufhängeband derselben gelten.

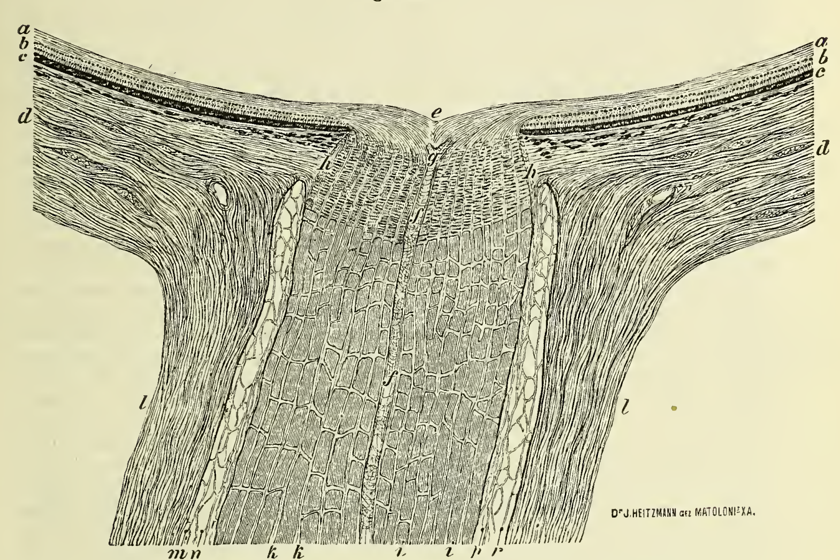
Trübungen der Linse (grauer Staar) verhindert den Eintritt der Lichtstrahlen in das Auge. Das Fehlen der Linse (Aphakie) (nach Staaroperationen) kann durch eine starke Convexbrille ersetzt werden; natürlich fehlt aber einem solchen Auge das Accommodationsvermögen.

Glaskörper. Der Glaskörper wird äusserlich bis zur Ora serrata von der Membrana limitans interna retinae begrenzt (Henle, Iwanoff). Von hier ab nach vorn entstehen zwischen beiden die meridional verlaufenden Fasern der Zonula, welche mit der Glaskörperoberfläche und den Ciliarfortsätzen verklebt ist. Ein Theil der faseriger Lage biegt auf die tellerförmige Grube um und begrenzt dieselbe. — Von der Papilla N. optici bis zur hinteren Fläche der Linsenkapsel verläuft ein 2 Mm. weiter Canal: der (früher von Gefässen durchzogene) Canalis hyaloideus. — Der peripherische Theil des Glaskörpers ist zwiebelschalenartig geschichtet, die Mitte homogen, in ersterem finden sich, zumal noch bei Neugebornen, rundliche, spindelförmige oder sternförmige indifferente Zellen des Schleimgewebes, in der Tiefe findet man nur noch verkümmerte Reste desselben (Iwanoff). Der Glaskörper enthält in seiner, nur 1,5% Fixa besitzenden, gallertigen Masse Mucin.

Lymphbahnen des Auges.

Die Lymphbahnen des Auges umfassen eine vordere und eine hintere (Schwalbe). Die vordere setzt sich zusammen aus der vorderen und hinteren Augenkammer, welche mit den Lymphgefässen der Iris, der Ciliarfortsätze, der Cornea und Conjunctiva communiciren.

Fig. 148.



Horizontalschnitt durch den Sehnerven bei seiner Insertion am Bulbus und durch die Membranen des Auges.
a innere, *b* äussere Netzhautschichten; *c* Aderhaut; *d* Sclerotica; *e* physiologischer Trichter; *f* Arteria centralis ret. im Axencanal; *g* Bifurcationsstelle derselben; *h* Lamina cribrosa; *l* äussere (Dural-)Scheide; *m* äusserer (Subdural-) Scheidenraum; *n* innerer Subarachnoideal-Scheidenraum; *r* mittlere (Arachnoideal-)Scheide; *p* innere (Pial-)Scheide; *i* Nervenfaserbündel; *k* bindegewebige (longitudinale) Sepimente.

Zu der hinteren Lymphbahn gehört zunächst der zwischen Sclera und Chorioidea belegene grosse Perichorioidealraum (Schwalbe). Dieser steht durch Lymphgefässe, welche perivasculär die austretenden Stämme der Vasa vorticosa Stenonis überziehen, mit dem grossen Tenon'schen Lymphraum in Verbindung, der zwischen Sclera und der Tenon'schen Kapsel liegt. Nach hinten setzt sich dieser in einen die Sehnervenoberfläche scheidenartig umhüllenden Lymphweg weiter fort. Der Sehnerv hat drei Scheiden: 1. Die Dural-, 2. die Arachnoideal- und 3. die Pialscheide, herkommend von den gleichbenannten Hirnhäuten. Zwischen diesen 3 Scheiden liegen 2 lymphatische Räume, der Subduralraum (zwischen 1 und 2) und der Subarachnoidealraum (zwischen 2 und 3). Beide sind von Endothel ausgekleidet; feine von einer Wand zur anderen ziehende Bälkchen sind ebenfalls überkleidet. Nach Axel Key und Retzius communiciren diese Lymphräume nach vorn mit dem Perichorioidealraum.

Der intraoculäre Druck.

Die in ihrem Inneren vielfach von Flüssigkeit eingenommene Höhle des Bulbus steht während des Lebens constant unter einem gewissen Druck, dem intraoculären Drucke. Derselbe hängt in letzter Instanz von dem Drucke innerhalb der zur Netzhaut und Uvea tretenden Arterien ab und wird mit diesem steigen und fallen müssen; man nimmt ihn wahr an der Prallheit oder Nachgiebigkeit des Bulbus beim Anfühlen. Wie der Arteriendruck, so wird auch der intraoculäre von vielen Umständen beeinflusst werden: bei jedem Puls-

schlage und jeder Exspiration erfährt er eine Zunahme, — bei der Inspiration eine Abnahme. Die elastische Spannung der Sclera und Cornea wirkt jedoch bei jedem vermehrten Druck in den Arterien regulatorisch, indem sie (wie der Windkessel einer Feuerspritze) bewirkt, dass, wenn mehr arterielles Blut in den Bulbus eingepumpt wird, auch mehr venöses wieder ausgetrieben wird. Ferner wird es für die Stetigkeit des intraoculären Druckes von Wichtigkeit sein, dass der Humor aqueus in demselben Masse sich auf's neue ergiesst, in welchem er resorbirt wird. Die Absonderung des Kammerwassers geht ziemlich schnell vor sich, was ich daraus erschliesse, dass bei Vorhandensein gelösten Hämoglobins im Blute vom Hunde (nach Lammbluttransfusion, pg. 200) schon nach einer halben Stunde das Kammerwasser von Hämoglobin geröthet war. Die Absonderung des Wassers liefern durch Filtration die Gefässe der Ciliarfortsätze (? und der hinteren Irisfläche); sie erfolgt schnell, wenn das Wasser durch eine Corneawunde vorher entleert war; sie wird ferner vom Nerveneinfluss abhängig sein müssen, doch ist das zur Zeit unbekannt. Der Abfluss des Wassers scheint nach Leber zwischen den Maschen des Ligamentum pectinatum iridis (Fig. 146 m m) stattzufinden, von wo es in die Plexus der Bahnen des Circulus venosus (i, k) übergeht. Vielleicht besteht sogar eine directe Communication der vorderen Ciliarvenen mit der vorderen Kammer (pg. 772). Durch besondere ableitende Lymphgefässe, oder etwa durch die Hornhautmasse hindurch findet kein Wasserabgang statt (Leber). — Unter normalen Verhältnissen herrscht im Glaskörperraume und in den Wasserkammern ziemlich derselbe Druck, doch scheint Atropin den Druck im ersteren zu vermindern, in letzteren zu steigern, während Calabar entgegengesetzt wirkt (Ad. Weber). Stauung im Abflusse des Venenblutes erhöht oft den Glaskörperdruck, schwächt den Kammerdruck. Durch Compression des Bulbus von aussen lässt sich vorübergehend mehr Flüssigkeit aus dem Auge entleeren, als eintritt. Auffallend ist die Verminderung des Intraoculardruckes nach Trigeminusdurchschneidung, die auch ich oft beobachtet habe, und ihre Steigerung auf Reizung dieses Nerven. Ueber eine etwa analoge Wirkung des Sympathicus schwanken die Angaben. — Unter den Störungen am Auge kann namentlich der verhinderte Abfluss des Venenblutes druckerhöhend, der mangelhafte Ersatz bei normalem Abfluss druckvermindernd wirken. Ueber die Innervation der Bulbusgefässe siehe pg. 668, 2.

387. Dioptrische Vorbemerkungen.

Das Auge der Camera obscura ähnlich.

Das Auge ist als optisches Werkzeug am meisten der Camera obscura vergleichbar: in beiden entsteht von den Objecten der Aussenwelt auf dem Hintergrunde (der Projectionsfläche) ein umgekehrtes verkleinertes Bild. Indessen besitzt das Auge anstatt der einfachen Linse der Camera mehrere brechende Medien hinter einander: Hornhaut, Humor aqueus, Linse (die in ihren einzelnen Theilen: Kapsel, Rindenschicht, Kern wieder ungleiches Brechungsvermögen besitzt) und Glaskörper. Je zwei dieser benachbarten Medien werden von einander durch die als sphärisch angenommene „brechende Fläche" abgegrenzt. Die Projectionsfläche des Auges ist die Retina, welche von dem Sehrothe (Boll, Kühne) gefärbt ist. Da diese Substanz durch das Licht direct chemisch gebleicht wird, so dass die Bilder sogar vorübergehend auf der Netzhaut fixirt werden können, so ist der Vergleich des Auges mit der Camera des Photographen noch frappanter.

Damit der Gang der Lichtstrahlen durch die Medien des Auges richtig verfolgt werden könne, muss die Kenntniss folgender Theile gewonnen sein: 1. der Brechungsindices aller Medien, — 2. der Form der brechenden Flächen, — 3. der Entfernung der verschiedenen Medien von einander und von der Projectionsfläche.

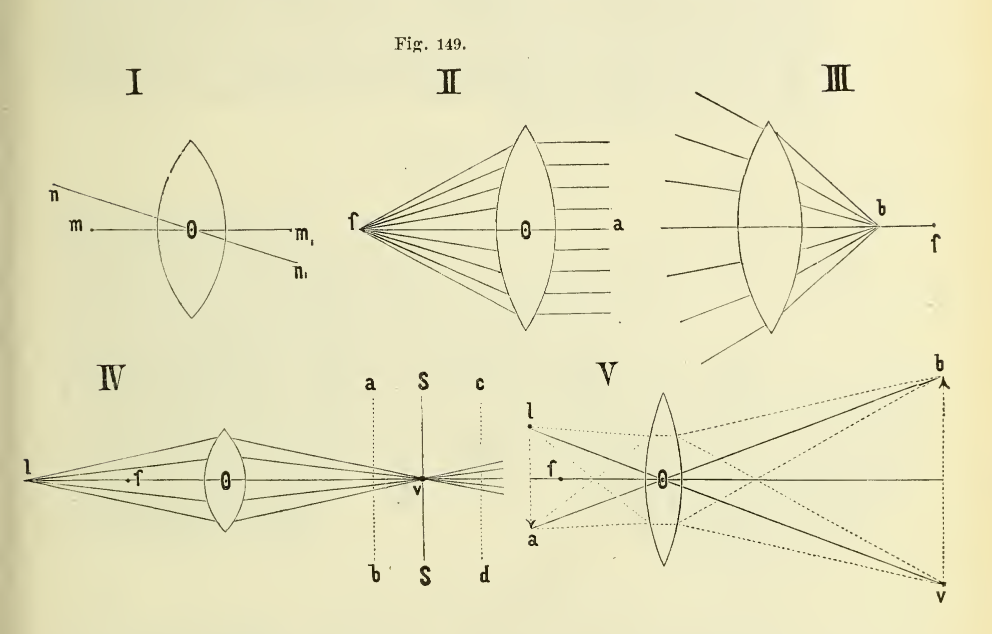
Wirkung einer Sammellinse.

Es soll hier zunächst auf die Wirkung einer Convexlinse eingegangen werden. Wir unterscheiden an derselben zunächst die Krümmungsmittelpunkte (Fig. 149 I. m m_1), d. h. die Mittelpunkte der beiden sphärischen Flächen. Die Verbindungslinie beider heisst Hauptaxe; der Mittelpunkt dieser Linie ist der optische Mittelpunkt der Linse (o). Alle Strahlen, welche durch

den optischen Mittelpunkt der Linse gehen (deren es zahllose geben kann), gehen ungebrochen hindurch, sie werden Hauptstrahlen oder Nebenaxen (n n_1) genannt. Weiterhin sind über die Strahlenbrechung durch Convexlinsen folgende Gesetze festzuhalten:

1. Strahlen, welche parallel mit der Hauptaxe (II. f a) auf die Linse fallen, werden von derselben so gebrochen, dass sie an der anderen Seite der Linse in einen Punkt zusammentreffen, welcher Focus oder Hauptbrennpunkt (f) genannt wird. Der Abstand dieses vom optischen Mittelpunkte der Linse (o) wird Focalabstand oder Brennweite (f o) der Linse genannt. Selbstverständlich ist die Umkehrung dieses Satzes: Strahlen, welche aus dem Focus divergent auf die Linse treffen, gehen an deren anderer Seite parallel mit der Hauptaxe weiter, ohne sich wieder zu vereinigen.

Fig. 149.



2. Von einem Lichtpunkte (IV. l) in der verlängerten Hauptaxe jenseits des Brennpunktes (f) ausgehende Strahlen werden an der anderen Seite der Linse zu einem Punkte (v) wieder vereinigt (Vereinigungspunkt). Hier sind folgende Fälle möglich: — a) Ist der Abstand des Lichtpunktes von der Linse gleich der doppelten Brennweite, so liegt der Vereinigungspunkt an der anderen Seite der Linse ebenfalls in demselben Abstande (der doppelten Brennweite). — b) Rückt der Lichtpunkt näher an den Brennpunkt heran, so rückt der Vereinigungspunkt um so ferner. — c) Rückt aber der Lichtpunkt noch weiter von der Linse ab, als die doppelte Brennweite beträgt, so rückt der Vereinigungspunkt entsprechend näher an die Linse heran.

3. Strahlen, welche von einem Punkte (III. b) der Hauptaxe innerhalb des Focalabstandes ausgehen, gehen an der anderen Seite zwar weniger divergent weiter, vereinigen sich jedoch nicht wieder; — umgekehrt: Strahlen, welche convergent auf eine Sammellinse treffen, haben ihren Vereinigungspunkt innerhalb der Brennweite.

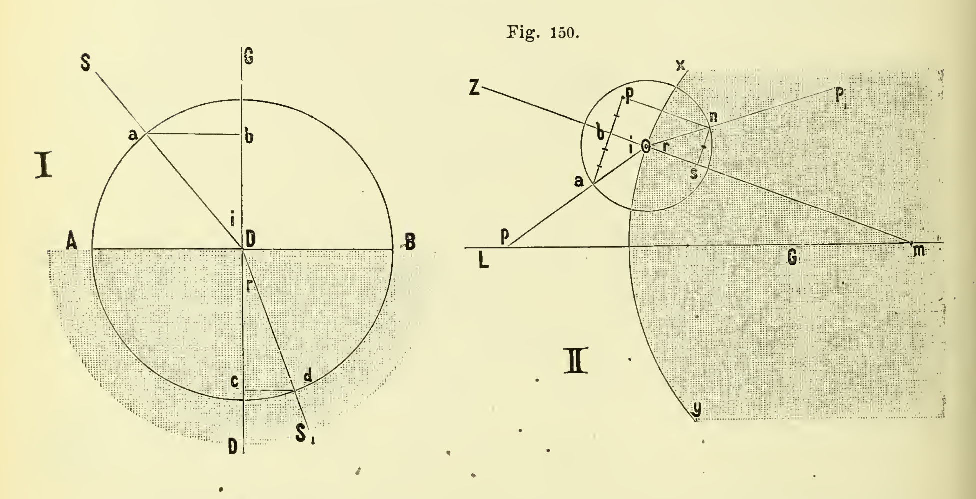
4. Hat der Leuchtpunkt (V. a) seine Lage in einer Nebenaxe (ab), so haben dieselben Gesetze ihre Giltigkeit, vorausgesetzt, dass der Winkel, den die Nebenaxe mit der Hauptaxe bildet, nur ein kleiner ist.

Entstehung des Bildes.

Entstehung von Bildern durch Convexlinsen. Nach dem, was über die Lage des Vereinigungspunktes der von einem Lichtpunkte ausgehenden Strahlen mitgetheilt ist, ist die Construction eines Bildes von einem Gegenstande durch eine Convexlinse leicht zu bewerkstelligen. Es geschieht dies einfach so, dass man von den verschiedenen Pnnkten des Objectes die dazu gehörigen Bildpunkte entwirft. So ist offenbar (in V) b der Bildpunkt des Objectpunktes a, — v der Bildpunkt von l; das Bild steht somit umgekehrt. Sammellinsen entwerfen umgekehrte und reelle (d. h. auf einen Schirm auffangbare) Bilder nur von solchen Objecten, welche sich jenseits des Brennpunktes der Linse befinden.

Rücksichtlich der Grösse und Entfernung des Bildes von der Linse bemerke man die folgenden Fälle: a) Befindet sich das Object um den doppelten Focalabstand von der Linse entfernt, so ist das Bild desselben gleich gross und in gleicher Entfernung von der Linse wie das Object. — b) Nähert sich das Object mehr an den Brennpunkt, so rückt das Bild weiter in die Ferne und wird zugleich grösser. — c) Entfernt sich jedoch das Object weiter von der Linse, als die doppelte Brennweite beträgt, so tritt das Bild näher an die Linse heran und wird zugleich kleiner.

Fig. 150.



Berechnung der Lage des Bildpunktes.

Man berechnet leicht den Abstand des Bildpunktes von der Linse nach folgender Formel (worin l die Entfernung des Leuchtpunktes, b die Entfernung des Bildpunktes, und f die Brennweite der Linse bedeutet): $\frac{1}{l} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$, oder $\frac{1}{b} = \frac{1}{l} - \frac{1}{f}$.

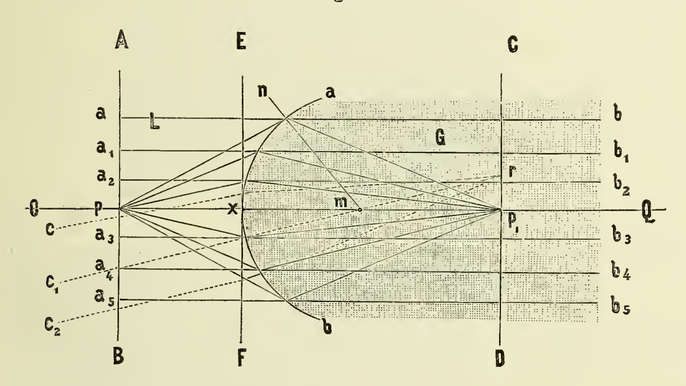
Beispiele: Es sei $l = 24$ Zoll, $f = 6$ Zoll. Dann ist $\frac{1}{b} = \frac{1}{6} - \frac{1}{24} = \frac{1}{8}$; also $b = 8$ Zoll, d. h. das Bild befindet sich 8 Zoll hinter der Linse. — Ferner: es sei $l = 10$ Zoll, $f = 5$ Zoll (also $l = 2f$). Es ist dann $\frac{1}{b} = \frac{1}{5} - \frac{1}{10} = \frac{1}{10}$; also $b = 10$, d. h. das Bild befindet sich im Abstand der doppelten Brennweite von der Linse. — Endlich sei $l = \infty$. Dann ist $\frac{1}{b} = \frac{1}{f} - \frac{1}{\infty}$; also $b = f$, d. h. der Bildpunkt für parallele (aus unendlicher Ferne kommende) Strahlen liegt im Brennpunkt der Linse.

Brechungsverhältniss.

Brechungsverhältniss (Brechungsexponent). Ein Lichtstrahl, welcher in der Richtung des Einfallslothes aus einem Medium in ein zweites von verschiedener Dichtigkeit übergeht, geht ungebrochen durch dasselbe hindurch.

Ist also (Fig. 150 I) CD ⊥ AB, dann ist auch DD' ⊥ AB. [Für eine ebene Fläche AB ist das Einfallsloth die Senkrechte CD. Ist jedoch die Fläche eine Kugelfläche, dann ist das Einfallsloth der verlängerte Radius dieser Kugelfläche.] — Fällt jedoch der Lichtstrahl schief auf die Fläche, so wird er „gebrochen", d. h. aus seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt. Der einfallende und der gebrochene Strahl liegen jedoch in einer Ebene. Geht der schief einfallende Strahl aus einem dünneren Medium (z. B. Luft) in ein dichteres (z. B. Wasser) über, so wird der gebrochene Strahl zum Einfallsloth hingelenkt. Geht er umgekehrt aus einem dichteren Medium in ein dünneres über, so wird er vom Einfallslothe weggelenkt. [Der Winkel, welchen der auffallende Strahl (SD) mit dem Einfallsloth (CD) bildet (∢ i), wird Einfallswinkel genannt; der, welchen der gebrochene Strahl (DS_1) mit dem verlängerten Loth (D D') bildet, heisst Brechungswinkel (∢ r)] Die Stärke der Brechung wird ausgedrückt durch das „Brechungsverhältniss" (oder Brechungsexponenten). Brechungsexponenten (n) nennt man diejenige Zahl, welche angibt, wievielmal beim Uebergange aus der Luft für eine bestimmte Substanz der Sinus des Einfallswinkels grösser ist als der Sinus des Brechungswinkels. Also

Fig. 151.



n = sin i : sin r, = ab : cd. Will man die Brechungsexponenten zweier brechender Medien mit einander vergleichen, so nimmt man stets an, dass der Lichtstrahl aus der Luft in die Medien übergeht. Beim Uebergange aus der Luft in Wasser wird der Lichtstrahl in solcher Weise abgelenkt, dass sich der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels verhält wie 4 : 3; der Brechungsexponent ist also $= \frac{4}{3}$ (genauer = 1,336). Beim Glase findet man das Brechungsverhältniss = 3 : 2 (genauer ist der Brechungsexponent = 1,535) (Snellius 1620, Descartes). — [Die Sinus des Einfalls- und des Brechungswinkels verhalten sich wie die Geschwindigkeiten, mit denen sich das Licht innerhalb der beiden Medien fortpflanzt.]

Construction des gebrochenen Strahles.

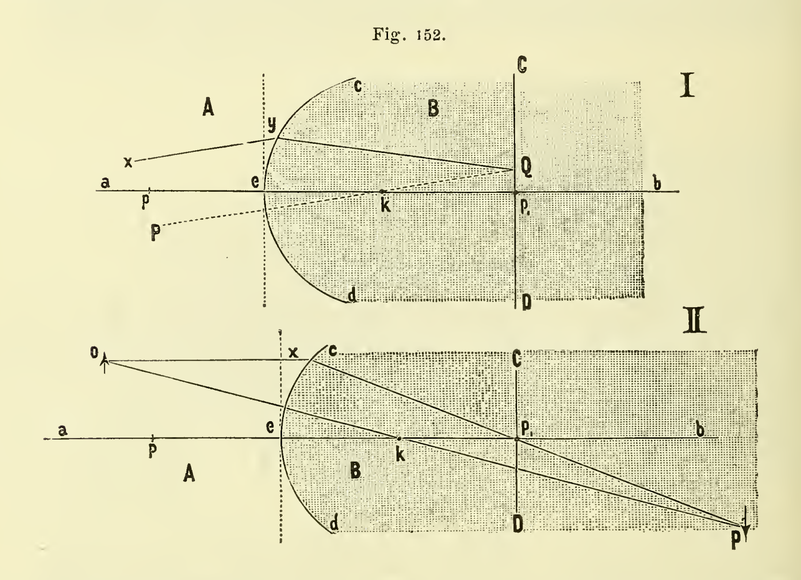
Die Construction des gebrochenen Strahles bei bekannten Brechungsverhältnissen ist dem Vorgetragenen entsprechend leicht auszuführen. Beispiel: Es sei (Fig. 150. II.) L die Luft, G ein dichteres Medium (Glas) mit sphärischer Trennungsfläche x y, deren Mittelpunkt in m liegt. — p o sei der schief auffallende Strahl. m z ist dann das Einfallsloth, und ∢ i der Einfallswinkel. Das gegebene Brechungsverhältniss sei $\frac{3}{2}$; die Aufgabe sei, die Richtung des gebrochenen Strahles zu finden. — Construction: Man beschreibt von o aus mit beliebig grossem Radius einen Kreis; sodann ziehe man von a eine Senkrechte ab auf das Einfallsloth mz; dann ist ab der Sinus des Einfallswinkels i.

Die Linie a b theile man in 3 gleiche Theile und verlängere sie sodann um 2 dieser Theile, nämlich bis nach p. Nun ziehe man von p die Linie p n || m z. Dann ist die Verbindung von o nach n die Richtung des gebrochenen Strahles. Denn wenn man von n die Linie n s senkrecht auf m z zieht, so ist n s = b p. Es ist ferner n s = sin ∢ r. Nach der Construction verhält sich dann a b : s n (oder: b p) = 3 : 2, oder $\sin i : \sin r = \frac{3}{2}$.

Optische Cardinalpunkte eines einfachen sammelnden Systemes.

Optische Cardinalpunkte eines einfachen sammelnden Systemes. Zwei brechende Medien (Fig. 151. L und G), welche durch eine sphärische Trennungsfläche (a b) von einander geschieden sind, bilden ein einfaches sammelndes System. Aus der Kenntniss gewisser Eigenschaften eines solchen lässt sich leicht sowohl die Construction eines aus dem ersten Mittel (L) schräg auf die Trennungsfläche (a b) auffallenden Strahles und seiner Richtung im zweiten Mittel G ausführen, als auch von einem Lichtpunkte im ersten Mittel die Lage des hiezu gehörenden

Fig. 152.



Bildpunktes im zweiten Mittel bestimmen Die hiezu nothwendig zu kennenden Eigenschaften und Punkte eines solchen einfachen sammelnden Systems sind folgende:

Es ist L (Fig. 151) das erste und G das zweite Medium, a b ist die sphärische Trennungsfläche, wozu m der Krümmungsmittelpunkt ist Alle von m zu a b gezogenen Radien (m x, m n) sind natürlich Einfallslothe, daher denn auch alle in der Richtung der Radien einfallenden Lichtstrahlen ungebrochen durch m hindurch gehen müssen. Alle derartigen Strahlen heissen Richtungsstrahlen; m, der Durchschnittspunkt aller dieser, wird auch Knotenpunkt genannt. Die Linie, welche m mit dem Scheitelpunkt der sphärischen Fläche (x) verbindet und nach beiden Seiten verlängert ist, heisst die optische Axe (O Q). Eine in x senkrecht auf O Q errichtete Ebene (E F) heisst Hauptebene und in ihr selbst ist x der Hauptpunkt. Man hat nun Folgendes ermittelt: 1. Alle Strahlen (a bis a_5), welche im ersten Medium parallel unter sich und mit der optischen Axe auf a b fallen, werden im zweiten Medium so gebrochen, dass sie alle in einem Punkt (p_1) des zweiten Mediums sich wieder vereinigen. Dieser heisst zweiter Hauptbrennpunkt. Eine in diesem Punkte senkrecht zu O Q errichtete Ebene wird zweite Focalebene (C D) genannt. — 2. Alle

Strahlen (c bis c_2), welche im ersten Mittel parallel untereinander, aber nicht parallel mit O Q sind, vereinigen sich wieder in einem Punkte der zweiten Focalebene (r), dort, wo der ungebrochene Richtungsstrahl (c_1 m r) diese trifft (es darf jedoch hierbei der Winkel, welchen die Strahlen c bis c_3 mit O Q bilden, nur ein kleiner sein) Die Sätze 1 und 2 können natürlich auch umgekehrt werden: die aus p_1 divergent gegen a b gerichteten Strahlen gehen im ersten Medium parallel mit einander und mit der Axe O Q weiter (a bis a_5); — und: die aus r gehenden Strahlen verlaufen im ersten Medium parallel unter einander, aber nicht parallel mit der Axe O Q (als c bis c_3) weiter. — Ferner ist gefunden: 3. Alle Strahlen, welche im zweiten Medium parallel unter einander (b bis b_5) und mit der Axe O Q verlaufen, vereinigen sich wieder in einem Punkte des ersten Mediums (p), dem ersten Hauptbrennpunkt (auch dieser Satz gilt natürlich auch umgekehrt). Eine in diesem Punkte senkrecht zu O Q errichtete Ebene heisst erste Hauptbrennebene (A B). — Der Radius der brechenden Fläche (m x) ist gleich der Differenz der Abstände der beiden Hauptbrennpunkte (p und p_1) vom Hauptpunkte (x); also $m x = p_1 x - p x$. — Aus der Kenntniss dieser einfachen Verhältnisse lässt sich nun leicht

Construction des gebrochenen Strahles.

1. **Die Construction des gebrochenen Strahles** ausführen. — Es sei (Fig. 152. I.) A das erste, B das zweite Medium, — c d die sphärische Trennungsfläche, — a b die optische Axe, — k der Knotenpunkt, — p der erste und p_1 der zweite Hauptbrennpunkt, — C D die zweite Brennebene. — Wenn nun x y die Richtung des einfallenden Strahles ist, wie ist dann die des gebrochenen im zweiten Medium? — Construction: Ich ziehe den ungebrochenen Richtungsstrahl P k Q parallel zu x y. Alsdann muss die Linie y Q die gesuchte Richtung des gebrochenen Strahles sein (nach vorstehendem Satz 2).

Construction des Bildpunktes.

2. **Construction des Bildpunktes zu einem gegebenen Objectpunkte.** [Fig. 152. II. sind die Bezeichnungen A, — B, — cd, — ab, — k, — p und p_1, — CD, — wie vorhin.] Wenn nun bei o ein Lichtpunkt gegeben ist, wo befindet sich im zweiten Medium der dazu gehörige Bildpunkt? — Construction: Man ziehe den ungebrochenen Richtungsstrahl o k P. Sodann ziehe ich parallel zur Axe a b den Strahl o x. Die parallelen Strahlen a e und o x vereinigen sich wieder in p_1 (nach Satz 1). Verlängere ich nun weiter x p_1 bis er den Strahl o P schneidet, so liegt bei P der Bildpunkt von o, denn es liegt im zweiten Medium dort das Bild, wo sich die von dem Lichtpunkte o ausgehenden Strahlen o x und o k wieder vereinigen, also in P.

Wirkung mehrerer brechender Medien hinter einander.

Construction des gebrochenen Strahles und des Bildpunktes bei vorhandenen mehreren brechenden Medien. Befinden sich hinter einander mehrere brechende Medien angeordnet, so müsste man von Medium zu Medium, in der vorstehend beschriebenen Weise mit der Construction vorgehen. Allein dieses wäre, zumal bei kleinen räumlichen Verhältnissen, ein mühsames Verfahren. Gauss hat nun (1840) durch Berechnungen (welche in elementarer Weise hier nicht klargelegt werden können) nachgewiesen, dass sich in allen solchen Fällen das Constructionsverfahren ganz ausserordentlich vereinfachen lässt. Sind nämlich die hinter einander befindlichen vielen Medien „centrirt“, d. h. haben alle dieselbe optische Axe, dann kann man die Brechungsverhältnisse eines solchen centrirten Systems darstellen durch zwei gleich stark brechende, in einem bestimmten Abstande sich befindende Flächen. Die auf die erste der beiden Flächen auffallenden Strahlen werden dann nicht von dieser gebrochen, sondern sie werden von dieser bis zur zweiten Fläche lediglich parallel mit sich selbst verschoben. Von der zweiten Fläche findet sodann erst die Brechung statt, und zwar in derselben Weise, wie vorstehend construirt ist, d. h. als wenn überhaupt nur eine brechende Fläche vorhanden wäre. [Zur Ausführung jener Rechnung muss man kennen: die Brechungsindices der Medien, — die Radien der brechenden Flächen, endlich den Abstand der brechenden Flächen von einander, doch kann auf die nähere Ausführung hier nicht eingegangen werden.] — Die Construction des gebrochenen Strahles geschieht nun in folgender Weise: Es sei (Fig. 153 I.) a b die optische Axe, ferner H der durch Rechnung bestimmte erste Hauptpunkt, h h erste Hauptebene, H_1 zweiter Hauptpunkt, $h_1 h_1$ zweite Hauptebene, k erster Knotenpunkt, k_1 zweiter Knotenpunkt, F zweiter Brennpunkt und $F_1 F_1$ zweite Brennebene. — Es sei nun m n die Richtung

des auffallenden Strahles; welche ist die Richtung des gebrochenen? — Construction: Man verschiebt den Strahl mn parallel mit sich selbst als $m_1 n_1$ bis zur zweiten Hauptebene. Nun ziehe ich den Richtungsstrahl $p k_1$ parallel $m_1 n_1$. Nach Satz 2. müssen sich $p k_1$ und $m_1 n_1$ in einem Punkte der Ebene $F_1 F_1$ treffen. Da $p k_1$ ungebrochen durchgeht, so muss von n_1 der Strahl ebenfalls in r fallen; — $n_1 r$ ist also die Richtung des gebrochenen Strahles.

Fig. 153.

Construction des Bildpunktes. Es sei Fig. 153. II. o ein Lichtpunkt; es wird der Bildpunkt für denselben im letzten Medium gesucht. Man ziehe zuerst von o den Richtungsstrahl o k, und o x parallel a b. Beide Strahlen verschiebe man parallel mit sich selbst bis zur zweiten Hauptebene: also ziehe man $m k_1$ parallel o k, und o x verschiebe man bis n. Der mit a b parallele Strahl geht durch F; $m k_1$ geht als Richtungsstrahl ungebrochen durch. Dort wo n F und $m k_1$ in der Verlängerung sich schneiden (also in O) liegt der Bildpunkt zu o.

388. Anwendung der dioptrischen Gesetze auf das Auge.

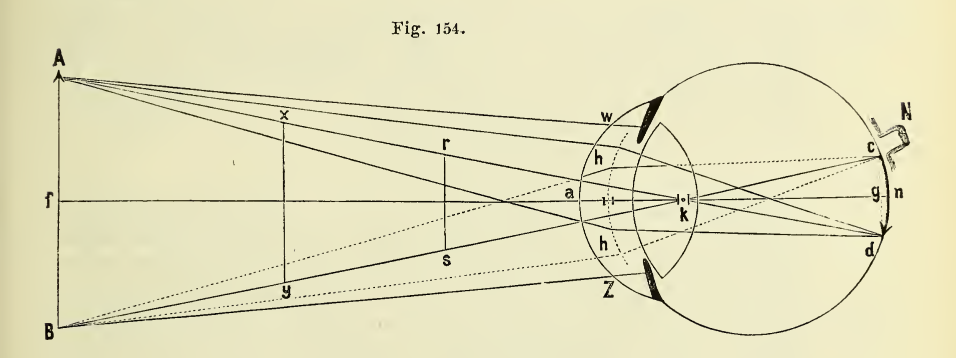
Construction des Netzhautbildes. Das Ophthalmometer. Aufrechtsehen.

Lage der optischen Cardinalpunkte des Auges.

Das an der Vorderfläche der Hornhaut von Luft umgebene Auge stellt ein centrirtes System brechender Medien mit sphärischen Trennungsflächen dar. Um den Verlauf der Strahlen durch die verschiedenen Augenmedien feststellen zu können, ist die Kenntniss der Lage der beiden Hauptpunkte, der beiden Knotenpunkte, sowie der beiden Hauptbrennpunkte nothwendig. Im Anschluss an die vorhin besprochene vereinfachte Lösung

von Gauss haben vornehmlich Listing und Helmholtz die Lage dieser Punkte berechnet. [Zur Ausführug dieser Berechnung ist die Kenntniss der Brechungsindices der Augenmedien, die der Radien der brechenden Flächen und die der Abstände der letzteren erforderlich, auf welche weiterhin eingegangen werden soll.] Der ausgeführten Rechnung entsprechend liegen nun: 1. der erste Hauptpunkt 2,1746 Mm., und — 2. der zweite Hauptpunkt 2,5724 Mm. hinter der vorderen Hornhautfläche; — 3. der erste Knotenpunkt 0,7850 Mm., und — 4. der zweite Knotenpunkt 0,3602 Mm. vor der hinteren Linsenfläche; — 5. der zweite Hauptbrennpunkt 14,6470 Mm. hinter der hinteren Linsenfläche, und — 6. der erste Hauptbrennpunkt 12,8326 vor der vorderen Hornhautfläche.

Fig. 154.



Listing's reducirtes Auge.

In Anbetracht der sehr geringen Grösse des Abstandes der beiden Hauptpunkte, beziehungsweise der beiden Knotenpunkte von einander (von nur 0,4 Mm.), darf man, ohne einen nennenswerthen Fehler in der Construction zu begehen, in der Mitte zwischen den beiden Hauptpunkten und ebenso zwischen den beiden Knotenpunkten nur einen mittleren Haupt- beziehungsweise Knotenpunkt annehmen. Geschieht dieses, so ist durch dieses vereinfachte Verfahren nur eine brechende Fläche für alle Medien des Auges gewonnen und nur ein Knotenpunkt, durch welchen also alle von aussen herkommenden Richtungsstrahlen ungebrochen hindurch gehen müssen.

Das so schematisch vereinfachte Auge wird auch „das reducirte Auge“ (Listing) genannt.

Construction des Retinabildes.

Nunmehr ist die Construction des Bildes auf dem Augenhintergrunde eine sehr einfache. Das Bild liegt bei deutlicher Sehwahrnehmung auf der Netzhaut.

Es sei AB ein vor dem Auge senkrecht stehender Gegenstand. Von A fällt ein Strahlenbündel in das Auge; — der

Richtungsstrahl A d geht ungebrochen durch den Knotenpunkt k. Da ferner der Bildpunkt für den Lichtpunkt A auf der Netzhaut liegt, so müssen sich alle von A ausgehenden Strahlen in d wieder vereinigen. Dasselbe gilt von den von B ausgehenden Strahlen; natürlich auch von den Strahlen, welche von einem beliebigen Punkte des Körpers A B ausgesendet werden. Das Netzhautbildchen ist somit eine Mosaik unendlich vieler Lichtpunkte des Gegenstandes. Da der Construction entsprechend alle Richtungsstrahlen durch den vereinigten Knotenpunkt k hindurchgehen müssen, so wird dieser auch der „Kreuzungspunkt der Sehstrahlen" genannt.

Am ausgeschnittenen Albinoauge oder an einem beliebigen anderen, bei dem man ein Stück Sclera und Chorioidea weggenommen und die Lücke mit einem Gläschen bedeckt hat, sieht man leicht das umgekehrte Bild.

Berechnung der Grösse des Netzhautbildes. Der vorstehend ausgeführten Construction des Netzhautbildchens entsprechend kann nun auch leicht die Grösse desselben bestimmt werden, wenn die Grösse des Gegenstandes und die Entfernung desselben von der Hornhaut bekannt ist. Da nämlich die beiden Dreiecke A B k und c d k einander ähnlich sind, so verhält sich offenbar A B : c d = f k : k g. Es ist also c d = (A B . k g) : f k. Alle diese Werthe sind bekannt, nämlich k g = 15,16 Mm., ferner ist f k = a k + a f, wovon a f direct gemessen wird und a k = 7,44 Mm. beträgt. Die Grösse von A B wird durch Messung bestimmt.

Sehwinkel. Der Winkel A k B wird Sehwinkel genannt; natürlich ist demselben der Winkel c k d gleich. — Es ist sofort einleuchtend, dass die dem Auge näher stehenden Gegenstände x y und r s den gleich grossen Sehwinkel haben müssen. Aus diesem Grunde haben auch alle drei Gegenstände A B, x y und r s ein gleich grosses Netzhautbildchen. *Scheinbare Grösse.* Solchen Gegenständen nun, deren Endpunkte verbunden mit dem Knotenpunkte einen gleich grossen Sehwinkel bilden, und die demgemäss gleiche Grösse ihrer Netzhautbildchen haben, wird eine gleiche „scheinbare Grösse" zugesprochen.

Zur Feststellung der optischen Cardinalpunkte durch Berechnung im Sinne von Gauss ist die Kenntniss folgender Verhältnisse nothwendig:

Brechungsindices der Augenmedien. 1. Die Brechungsindices sind: für die Cornea 1,377, Humor aqueus 1,377, Lens 1,454 (als Mittelwerth aller Schichten), Corpus vitreum 1,336 [für die Luft ist 1, und für das Wasser 1,335 genommen] (Chossat, Brewster, Helmholtz, C. und W. Krause, Aubert).

Form. 2. Die Radien der kugelförmigen brechenden Flächen sind: der Hornhaut 7,7 Mm., der vorderen Linsenfläche 10,3, der hinteren 6,1.

Abstand. 3. Der Abstand der brechenden Flächen beträgt: Vom Hornhautscheitel bis zur vorderen Linsenfläche 3,4 Mm., von letzterer bis zur Hinterfläche der Linse (Linsenaxe) 4 Mm., Glaskörperdurchmesser 14,6 Mm. Es beträgt demnach die Gesammtlänge der optischen Axe 22,0 Mm.

Bestimmung der Radien der brechenden Flächen des Auges mit Hülfe des Ophthalmometers.

Da man an todten Augen wegen des schnellen Collapses die normalen Wölbungen nicht genau messen kann (Petit, 1723), so ist man nach dem Vorgange von Kohlrausch zur Berechnung der Radien der brechenden Flächen geschritten aus der Kenntniss der Grösse der von ihnen gelieferten Spiegelbildchen, die sich am lebenden Auge gewinnen lassen. Es verhält sich nämlich die Grösse eines leuchtenden Körpers zur Grösse des Spiegelbildchens desselben wie der Abstand beider zum halben Radius des Convexspiegels. Es handelt sich also darum, die Grösse des Spiegelbildchens zu messen. Diese Messung geschieht nun durch das Ophthalmometer von Helmholtz. Das Werkzeug beruht auf folgendem Princip. Betrachtet man einen Gegenstand durch eine schräg gestellte planplane Glasplatte, so erscheint derselbe seitlich verschoben; diese Verschiebung wird um so grösser, je schräger die Lage der Platte ist. Betrachtet also der Beobachter

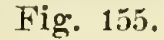
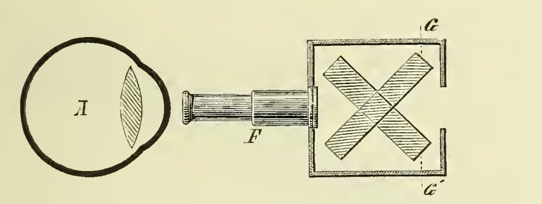
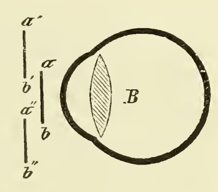


Fig. 155.





Ophthalmometer nach Helmholtz.

A durch das Fernrohr F, vor dessen Objectiv (in seiner oberen Hälfte) die schräge Platte G^1 angebracht ist, das Hornhautspiegelbildchen ab des Auges B, so erscheint dasselbe seitlich verschoben, nämlich in a^1b^1. Befindet sich vor der unteren Hälfte des Fernrohroculares eine zweite Platte G, welche die entgegengesetzte schräge Stellung inne hat (so dass sich beide Platten der horizontalen Mittellinie des Objectives entsprechend unter einem Winkel schneiden), so erscheint durch diese dem Beobachter das Spiegelbildchen ab nach $a''b''$ seitlich verrückt. Da beide Glasplatten (in ihrem Kreuzungspunkte) zu einander drehbar sind, so wird die Stellung beider so genommen, dass die beiden Spiegelbildchen sich mit ihren inneren Rändern genau berühren (dass also b^1 dicht an a'' stösst). Aus der Grösse dieser Winkelstellung beider Platten kann man die Grösse des Spiegelbildchens berechnen (wobei noch die Dicke der Glasplatten und der Brechungsindex der Glassorten in Betracht kommt). So kann man die Grösse des Spiegelbildchens der Hornhaut und auch der Linse im ruhenden und für die Nähe accommodirten Zustande bestimmen, und daraus die Grösse des Radius der gewölbten Fläche bestimmen (Helmholtz, Donders, Mauthner, Woinow, Reuss u. A.).

Fluorescenz.

Alle Augenmedien auf die Netzhaut besitzen einen geringen Grad von Fluorescenz, am meisten die Linse, am wenigsten der Glaskörper (Helmholtz).

Aufrechtsehen.

Da das Netzhautbildchen ein umgekehrtes ist, so bleibt noch das Aufrechtsehen zu erklären. Durch einen psychischen Act werden die Erregungen eines jeden beliebigen Punktes der Netzhaut in der Richtung durch den Knotenpunkt wieder nach aussen verlegt: also die Erregung der Stelle d (Fig. 154) nach A, die von c nach B. Die Verlegung nach aussen geschieht dabei so, dass alle Punkte in einer vor dem Auge schwebenden Fläche zu liegen scheinen, welche das „Gesichtsfeld“ genannt wird. Das Gesichtsfeld ist so die nach aussen und umgekehrt projicirte Fläche der erregten

Netzhaut; daher erscheint das Gesichtsfeld wieder aufrecht, da das umgekehrte Netzhautbild wieder umgekehrt nach aussen projicirt wird.

Dass die Erregung einer jeden Stelle so durch den Knotenpunkt in umgekehrter Richtung projicirt wird, beweist das einfache Experiment, dass ein Druck aussen am Bulbus nach innen in das Gesichtsfeld projicirt wird. Auch die entoptischen Erscheinungen der Netzhaut werden so nach aussen und umgekehrt projicirt, so dass z. B. die Eintrittsstelle des Sehnerven nach aussen vom gelben Fleck liegt (siehe unten); u. dgl.

389. Accommodation des Auges.

Physikalische Vorbemerke.

Von einem Lichtpunkte, z. B. von einer Flamme, entsteht (nach Satz 2. pg. 777) durch eine Sammellinse stets in einem ganz bestimmten Abstande der dazu gehörige Bildpunkt. Wird in diesem Abstande eine Projectionsfläche (Schirm) angebracht, so wird das reelle und umgekehrte Bild hier aufgefangen. Stellt man jedoch den Schirm näher an die Linse heran (Fig. 149, a b), oder entfernter (c d) von derselben auf, so entsteht kein deutliches Bild, es entstehen vielmehr Zerstreuungskreise und zwar im ersten Falle deshalb, weil die Strahlen sich noch nicht vereinigt haben, — im zweiten Falle, weil die Strahlen nach ihrer Vereinigung bereits gekreuzt wieder auseinander gegangen sind. — Wird der Lichtpunkt an eine Linse bald näher herangebracht, bald weiter von ihr entfernt, so muss natürlich zur Erhaltung eines scharfen Bildes allemal der Schirm, dem Abstande des Lichtpunktes entsprechend, bald ferner, bald näher aufgestellt werden. Wäre der Schirm ein- für allemal feststehend, während der Lichtpunkt seinen Abstand von der Linse wechselt, so könnte nur dann auf dem Schirme stets ein scharfes Bild entstehen, wenn die Linse bei grösserer Annäherung des Lichtpunktes entsprechend gewölbter, also stärker brechend würde, — bei grösserem Abstande des Lichtpunktes jedoch weniger gewölbt, also weniger stark brechend würde.

Da nun das Auge die Projectionsfläche (Retina) in einem unveränderlichen Abstande fixirt besitzt, da ferner das Auge die Fähigkeit besitzt, sowohl von fernen, als auch von nahen Objecten scharfe Bilder auf der Netzhaut zu entwerfen, so muss das Brechungsvermögen (die Form der Linse) im Auge den Abständen der Objecte allemal entsprechend verändert werden können.

Wesen der Accommodation.

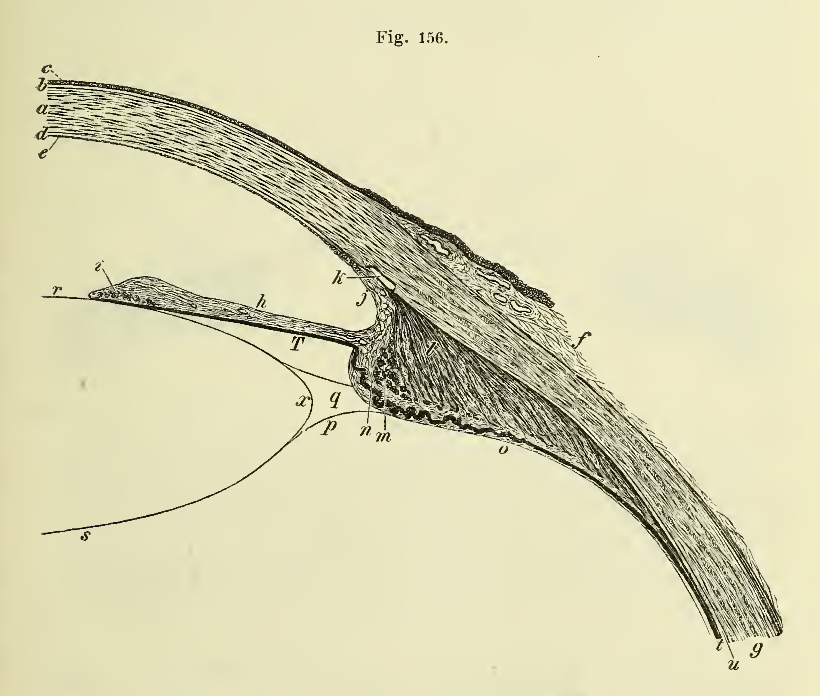
Unter Accommodation versteht man die Fähigkeit des Auges, sowohl von fernen, als auch von nahen Gegenständen scharfe Bilder auf der Netzhaut zu entwerfen. Dieselbe beruht darauf, dass die Linse den Abständen der Objecte allemal entsprechend bald weniger gewölbt (flacher), bald stärker gewölbt (dicker) gemacht werden kann. Fehlt die Linse im Auge, so ist die Accommodation unmöglich (Th. Young, Donders).

Während der Ruhe ist das Auge für die grösste Ferne accommodirt, d. h. es entstehen auf der Netzhaut Bilder von Gegenständen (z. B. vom Monde), die sich in unendlicher Ferne befinden. Es werden also die (so gut wie) parallelen Strahlen, welche in das Auge eindringen, auf der Netzhaut des ruhenden normalsichtigen Auges wieder vereinigt; es liegt also der Brennpunkt in der Retina. Beim Sehen in die weite Ferne ist daher das Auge ohne Thätigkeit irgend eines diese Einstellung bewirkenden Muskels.

Dass in der That für das Sehen in die Ferne keine Muskelthätigkeit wirksam ist, ergibt sich aus folgenden Punkten: — 1. Der Normalsichtige sieht ohne jedes Gefühl der Anstrengung die Gegenstände in der Ferne deutlich und scharf. Oeffnet er nach längerer Ruhe die Lider, so erscheinen sofort die entfernten Objecte in seinem Gesichtsfelde in scharfen Umrissen. — 2. Ist das Auge in Folge von Lähmung des Accommodationsapparates (N. oculimotorius, pg. 666, 7) unvermögend, sich für Objecte verschiedener Entfernungen einzustellen, so werden gleichwohl von entfernten Gegenständen noch stets scharfe Bilder entworfen. Es gehen also Lähmungen des Accommodationsapparates stets mit Unvermögen des Nahesehens einher, nie des Fernsehens. Vorübergehende Lähmungen mit demselben Erfolge treten ein durch Einträufeln (oder innerliche Vergiftung) mit Atropin oder Duboisin.

Die Accommodation für die Ferne geschieht ohne Muskelaction.

Fig. 156.

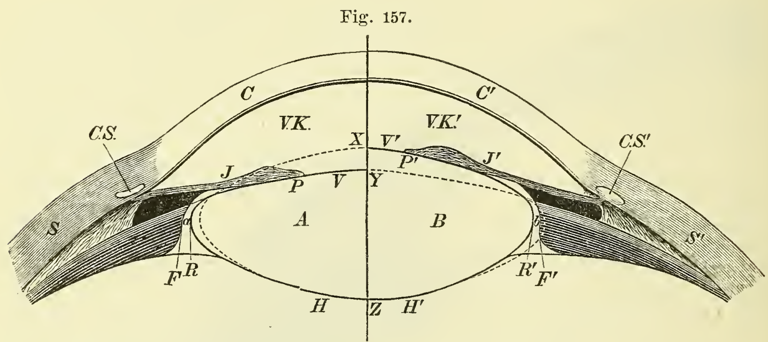


Vorderer Quadrant von einem Horizontalschnitt des Bulbus. Cornea und Linse in sagittaler Halbirungslinie getroffen. – *a* Substantia propria corneae, *b* Bowman'sche Membran, *c* vorderes Cornealepithel, *d* Descemet'sche Membran, *e* deren Epithel, *f* Conjunctiva, *g* Sclera, *h* Iris, *i* Sphincter Iridis, *j* ligamentum Iridis pectinatum mit dem sich anschliessenden Lückengewebe, *k* Canalis Schlemii, *l* longitudinale, *m* circuläre Fasern des Ciliarmuskels. *n* Ciliarfortsatz, *o* pars ciliaris retinae, *q* Petit'scher Canal, vor demselben die Zonula Zinii, hinter demselben (*p*) das hintere Blatt der Hyaloidea, *r* vordere, *s* hintere Linsenkapsel, *t* Chorioidea, *u* Perichorioidealraum, *T* Pigmentepithel der Iris, *x* Linsenrand (Aequator).

Soll das Auge für das Sehen nahe liegender Objecte eingestellt werden, so wird die Linse dicker, ihre Vorderfläche wird gewölbter und ragt weiter in die vordere Augenkammer hinein (Cramer, Helmholtz). Der Mechanismus dieses

Bewegungsvorganges ist folgender. In der Ruhe wird die Linse durch den Zug der gespannten Zonula Zinii (Fig. 156, die Linie vor q), die sich an ihren Rand ringsum ansetzt, gegen den hinter ihr liegenden Glaskörper abgeflacht erhalten. Zieht nun der Accommodationsmuskel (l, m) (der beim Sehen naher Objecte in Contraction versetzt wird) den Rand der Chorioidea mehr nach vorn, so wird die Zonula Zinii, die demselben innig anliegt, entspannt. In Folge davon geht die Linse in eine mehr gewölbte Form über, da ihr vermöge ihres inneren Gefüges eine elastische Spannung innewohnt, welche dieselbe sofort convexer macht, sobald der sie in der Abflachung erhaltende Zug der Zonula nachlässt (Helmholtz). Da die

Fig. 157.



Schema der Accommodation für die Nähe und Ferne.
Rechts ist der Zustand bei Accomodationsanspannung, links bei Accommodationsruhe dargestellt. Der Linsencontour ist sowohl rechts als links nur zur Hälfte durch eine ausgezogene Linie gezeichnet, welche sich durch eine punktirte angedeutet in die andere Hälfte fortsetzt. Die Buchstaben, welche zweimal, nämlich rechts und links vorkommen, haben beiderseits die gleiche Bedeutung, nur ist ihnen auf der rechten Seite ein Strich beigefügt. *A* Linke, *B* rechte Linsenhälfte, *C* Cornea, *S* Sclera, *CS* Schlemm'scher Canal, *VK* Vorderkammer, *J* Iris, *P* Pupillarrand, *V* Vorderfläche, *H* Hinterfläche der Linse, *R* Linsenrand. *F* Rand der Ciliarfortsätze, *a* u. *b* Zwischenraum zwischen diesen beiden. Die Linie *ZX* bezeichnet die Linsendicke bei Accommodation, *ZY* die Linsendicke bei Entspannung.

Linse mit ihrer hinteren Fläche auf der unnachgiebigen tellerförmigen Grube des Glaskörpers ruht, so wird bei dem Uebergange in die gewölbtere Form sich die vordere Linsenfläche mehr nach vorn wölben müssen.

Hensen und Völckers fanden den Ursprung der Accommodationsnerven in den vordersten Wurzelsträngen des Oculimotorius. Reizung des hinteren Theiles des Bodens des dritten Ventrikels bewirkt Accommodation; wurde weniger weit rückwärts gereizt, so zeigte sich Contraction des Sehloches. Wurde die Grenze zwischen der dritten Hirnhöhle und dem Aquaeductus gereizt, so folgte Contraction des M. rectus internus, die Erregung der übrigen Theile der Wasserleitung hatte dann noch Contraction des M. rectus sup., Levator palpebrae, Rectus inf. und Obliquus infer. zur Folge.

Erscheinungen bei der Accommodation: Die Spiegelbilder von Purkinje und Sanson.

Der Bewegungsvorgang bei der Accommodation gibt sich durch folgende Erscheinungen leicht zu erkennen: 1. Die Purkinje-Sanson'schen Spiegelbildchen. Lässt man auf das Auge eines Menschen ein wenig von der Seite her das Licht einer Kerzenflamme fallen, oder besser noch Licht durch zwei über einander stehende kleine dreieckige Ausschnitte in einer Papptafel, so sieht der Beobachter in jenem Auge drei Paar Spiegelbildchen. Das deutlichste und hellste ist das von der vorderen Hornhautfläche gelieferte (virtuelle) Bildchenpaar. Das zweite ebenfalls virtuelle Paar der Spiegelbildchen ist das grösste aber zugleich lichtschwächste, es wird von der vorderen Linsenfläche reflectirt. [Die Spiegelbilder von Convexspiegeln sind um so grösser, je grösser der Radius der Wölbung ist.] Letzteres liegt gegen 8 Mm. hinter der Ebene der Pupille. Das dritte Paar der Spiegelbildchen ist das mittelgrosse und mittelhelle, es steht umgekehrt und liegt ziemlich in der Pupillarebene. Auch diese Bildchen sind, wie die anderen im Auge virtuell, da alle nicht im letzten Medium, welches hier die Luft ist, liegen. Die hintere Linsenkapsel, welche diese letzteren Bildchen spiegelt, wirkt wie ein Hohlspiegel. [Befindet sich ein leuchtendes Object fern von einem Hohlspiegel, so entsteht dessen umgekehrtes verkleinertes reelles Bildchen dicht in der Nähe des Brennpunktes, nach der Seite des Objectes hin.] Während man diese Spiegelbildchenpaare bei ruhiger Haltung der Versuchsperson beobachtet, wird letztere plötzlich aufgefordert, einen ganz nahen Gegenstand zu fixiren. Sofort erkennt man nun Veränderungen an den Bildchen. Das mittlere Bildchenpaar (von der vorderen Linsenfläche) verkleinert sich und tritt gegenseitig näher zusammen, was darauf beruht, dass die vordere Linsenfläche sich mehr wölbt. Zugleich treten auch diese Bildchen näher an die Hornhautbildchen heran, weil die vordere Linsenfläche sich der Hornhaut nähert. Die beiden anderen Paare der Spiegelbildchen verändern weder ihre Grösse, noch ihren Ort. Mit Hilfe des Ophthalmometers (pg. 785) kann man feststellen, um wie viel sich der Radius der vorderen Linsenfläche bei der Accommodation für die Nähe verkleinert (Helmholtz). —

Seitliche Beobachtung der Pupille. Aenderung der Brechungsverhältnisse bei der Accommodation.

2. In Folge der stärkeren Wölbung der Linse bei der Accommodation für die Nähe müssen natürlich die Brechungsverhältnisse im Innern des Auges verändert worden sein. Nach Helmholtz sind nun die Maasse für das ruhende und für das für die Nähe accommodirte Auge die folgenden. (Die erste Zahl gilt stets für das fernsehende, die zweite für das nahesehende Auge.) Radius der Cornea 8 Mm.; 8 Mm. — Radius der vorderen Linsenfläche 10 Mm.; 6 Mm. — Radius der hinteren Linsenfläche 6 Mm.; 5,5 Mm. — Ort des vorderen Linsenscheitels 3,6 Mm.; 3,2 Mm. (hinter dem vorderen Hornhautscheitel). — Ort des hinteren Linsenscheitels 7,2 Mm.; 7,2 Mm. — Ort des vorderen Brennpunktes 12,9 Mm.; 11,24 Mm. — Ort des ersten Hauptpunktes 1,94 Mm.; 2,03 Mm. — Ort des zweiten Hauptpunktes 2,36 Mm.; 2,49 Mm. — Ort des ersten Knotenpunktes 6,96 Mm.; 6,51 Mm. — Ort des hinteren Brennpunktes 22,23 Mm.; 20,25 Mm. hinter dem vorderen Hornhautscheitel. —

Seitliche Betrachtung der Pupille.

3. Betrachtet man das ruhende Auge von der Seite, so erkennt man von der Pupille nur einen schmalen schwarzen Streif. Dieser verbreitert sich, sobald die Versuchsperson für die Nähe accommodirt, weil nun das ganze Sehloch mehr nach vorn rückt. —

Ortsveränderung der Brennlinie.

4. Lässt man seitlich durch die Hornhaut Licht in die vordere Augenkammer strahlen, so fällt die von der Hohlfläche der Hornhaut gebildete „Brennlinie" auf die Iris. Wird bei einem fernsehenden Auge zunächst der Versuch so angestellt, dass die caustische Linie nahe dem Pupillarrande der Iris liegt, so rückt dieselbe sofort nach dem Scleralrande der Iris zu, sobald für die Nähe accommodirt wird, weil nämlich die Iris sich schräger stellt, indem ihr innerer Rand nach vorn geht. —

Veränderung der Grösse der Pupille.

5. Bei der Accommodation für die Nähe contrahirt sich allemal die Pupille, beim Fernsehen erweitert sie sich (Descartes 1637). Die Contraction tritt jedoch etwas später ein, als die Accommodation (Donders). Es kann diese Erscheinung als Mitbewegung erklärt werden, da sowohl der Accommodationsmuskel, als auch der Sphincter pupillae vom Oculimotorius innervirt werden (pg. 665, 2, 3). Ein Blick auf Fig. 156 zeigt, dass der letztere jedoch auch direct den Accommodationsmuskel unterstützen kann: rückt nämlich der innere Irisrand nach innen (gegen r zu) so wird sich dieser Zug auch auf den Ciliarrand der Chorioidea fortsetzen, der

ebenso etwas nach innen folgen muss. Letzteren zieht allerdings ganz vornehmlich der Tensor chorioideae. Auch beim Fehlen oder Geschlitztsein der Iris ist Accommodation noch möglich. — 6. Bei der Rotation der Bulbi nach innen wird unwillkürlich für die Nähe accommodirt. Da die Rotation der beiden Augen nach innen dann statthat, wenn sich die Sehaxen auf nahe Gegenstände richten, so ist erklärlich, dass hiermit zugleich unwillkürlich ein Einstellen des Auges für die Nähe stattfindet. — 7. Die Accommodation von der Nähe in die Ferne (einfaches Erschlaffen des Tensor chorioideae) geschieht viel schneller, als umgekehrt von der Ferne aus für die Nähe. Die Accommodationsdauer wird länger, je näher das Object dem Auge gerückt wird (Vierordt, Völckers und Hensen). — 8. Bei einer gewissen Accommodationsstellung des Auges sieht man nicht blos einen Punkt allein scharf, sondern eine ganze Reihe von Punkten hinter einander. Die Linie, in welcher diese Punkte liegen, heisst die Accommodationslinie (Czermak). Je mehr für die Ferne das Auge eingestellt wird, um so länger wird diese Linie (jenseits 60—70 Meter Abstand vom Auge erscheinen alle Gegenstände bis zu den entferntesten gleich scharf), je mehr für die Nähe accommodirt wird, um so kürzer wird sie, d. h. es wird bei stärkster Accommodation für die Nähe bereits ein nur in geringer Distanz hinter dem fixirten Punkte liegender zweiter Punkt undeutlich gesehen. — 9. Das Genauere über die Nerven des Accommodations-Apparates siehe beim N. oculimotorius pg. 665 und 666.

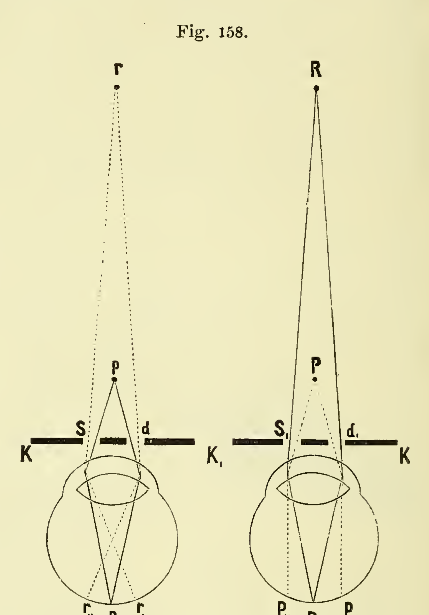
Accommodation bei Rotation der Bulbi nach Innen.

Accommodationszeit.

Accommodationslinie.

Nerven.

Fig. 158.



Der Scheiner'sche Versuch.

Der Scheiner'sche Versuch.

Die brechende Wirkung der sowohl für die Nähe, als auch für die Ferne accommodirten Linse veranschaulicht besonders klar der Versuch des Paters Scheiner. Betrachtet man durch ein Kartenblatt (K, K_1), welches zwei kleine Stichöffnungen (S, d) enthält, die einander näher stehen, als der Durchmesser der Pupille beträgt, zwei hinter einander eingesteckte Nadeln (p und r), so erscheint, wenn man die vordere Nadel (p) fixirt, die hintere (r) doppelt und umgekehrt. Wird die Nadel (p) fixirt, und für dieselbe das Auge accommodirt, so fallen natürlich die von ihr ausgehenden Strahlen in dem Bildpunkte (p,) auf der Netzhaut wieder zusammen; dahingegen haben sich die von der fernen Nadel (r) herkommenden Strahlen bereits innerhalb des Glaskörpers vereint, sie gehen von diesem Punkte gekreuzt wieder weiter und liefern natürlich zwei Bilder (r_1, r_{11}) auf der Netzhaut. Wird das rechte Löchelchen im Kartenblatte (d) zugehalten, so verschwindet von den zwei Doppelbildern der fernen Nadel das linke (r,,). — Analog verhält es sich, wenn für die

ferne Nadel (R) accommodirt ist. Dann liefert die nahe Nadel (P) ein Doppelbild (P, P,,), weil die von ihr ausgehenden Strahlen sich noch nicht vereinigt haben. Verschluss des rechten Löchelchens (d,) macht auch das rechte Doppelbild (P,) verschwinden (Porterfield).

390. Refractionszustand des normalen Auges. Refractionsanomalien.

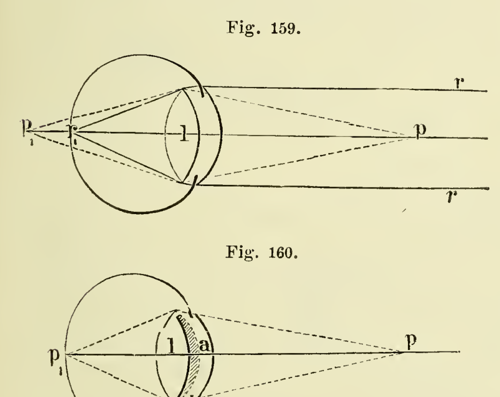
Die Grenzen, innerhalb derer ein deutliches Sehen möglich ist, sind für die verschiedenen Augen verschieden. Man unterscheidet den Fernpunkt (oder Ruhepunkt) und den Nahepunkt: ersterer bezeichnet den Abstand, bis wie weit ein Gegenstand vom Auge entfernt werden kann, so dass er dennoch im scharfen Bilde erkannt wird, — letzterer den Abstand, bis wie weit die Annäherung des Objectes an das Auge stattahaben kann bei ebenfalls erhaltenem scharfen Bilde. Die Entfernung dieser beiden Punkte wird Accommodationsbreite genannt. Man unterscheidet nur 3 verschiedene Arten von Augen:

Fernpunkt und Nahepunkt.

Accommodationsbreite.

Fig. 159.

Fig. 160.



Refractionszustand des normalen ruhenden und des accommodirten Auges.

1. Das normalsichtige Auge (emmetropische) ist in der Ruhe so eingerichtet, dass parallele Strahlen (Fig. 159 r r), also von Objecten aus weitester Ferne auf der Netzhaut zur Vereinigung (r_1) kommen. Der Fernpunkt ist also $= \infty$. Bei stärkster Accommodation für die Nähe, wodurch der Linse eine Convexitätszunahme (Fig. 160 a) erwächst, werden noch Strahlen auf der Netzhaut vereinigt (p_1), welche aus 5 Zoll Entfernung vom Lichtpunkte (p) ausgehen, d. h. der Nahepunkt ist $= 5$ Zoll; (1 Zoll $=$ 27 Mm.). Die Accommodationsbreite ist daher $= \infty$.

Das normalsichtige Auge.

2. Das kurzsichtige Auge (Fig. 161) (myopische, hypometropische, tiefgebaute) vermag in der Ruhe aus grösster Ferne parallel einfallende Strahlen nicht auf der Netzhaut in einen Punkt zu vereinigen; dieselben schneiden sich vielmehr schon innerhalb des Glaskörpers (bei o), gehen dann gekreuzt weiter und bilden auf der Netzhaut einen Zerstreuungskreis. Von dem ruhenden Auge müssen die Gegen-

Das kurzsichtige Auge.

stände bis gegen 60—120 Zoll entfernt sein (in f), damit sich die Strahlen auf der Netzhaut vereinigen können. Das ruhende kurzsichtige Auge vermag daher nur divergent einfallende Strahlen auf der Netzhaut zu vereinigen. Der Fernpunkt liegt also abnorm nahe. Bei intensivster Accommodationsanstrengung können Gegenstände noch in einem Abstande von 4 bis 2 Zoll, oder noch weniger, scharf gesehen werden. Der Nahepunkt liegt also ebenfalls abnorm nahe; die Accommodationsbreite ist vergeringert.

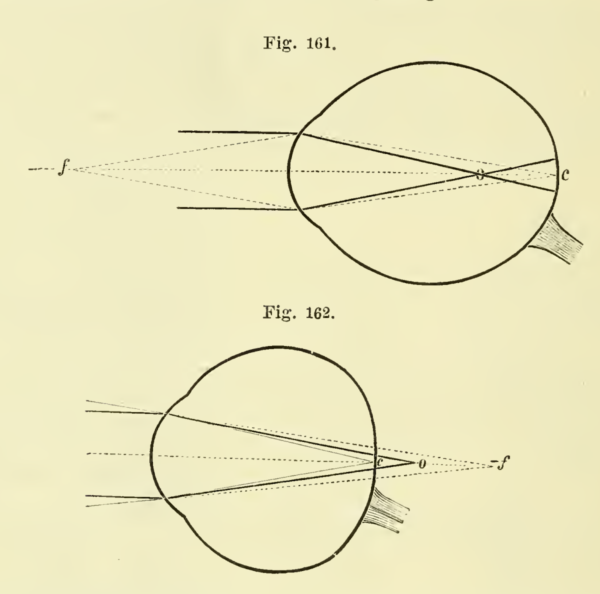


Fig. 161.

Fig. 162.

Refractionszustand des kurzsichtigen und des weitsichtigen Auges.

Die Kurzsichtigkeit beruht meist auf einer angebornen und häufig vererbten zu grossen Länge des Bulbus. Die Correction dieser Refractionsanomalie liefert einfach ein Zerstreuungsglas, welches die aus weiter Ferne parallel einfallenden Strahlen divergent macht, so dass sie nun auf der Netzhaut vereinigt werden können. Merkwürdig ist es, dass die meisten Neugebornen kurzsichtig zur Welt kommen. Diese Myopie beruht aber auf zu starker Wölbung der Cornea und Linse und auf zu grosser Annäherung der Linse an die Hornhaut. Durch das Wachsthum des Auges gleicht sich diese Kurzsichtigkeit aus und es bildet sich nun oft das „Langauge" (Fig. 161) als Grund der Myopie aus.

Das weitsichtige Auge.

3. Das weitsichtige Auge (Fig. 162) (hyperopische, hypermetropische, presbyopische, übersichtige, flachgebaute) vermag in der Ruhe nur convergent einfallende Strahlen auf der Netzhaut zu vereinigen (c). Es kann daher nur von solchen Gegenständen deutliche Bilder empfangen, deren ausgesandte Strahlen durch eine Convexlinse convergent gemacht sind, denn parallele Strahlen würden erst hinter der Netzhaut zur Vereinigung kommen (in f). Alle von Naturobjecten ausgehende Strahlen sind entweder divergent, oder höchstens annähernd parallel,

niemals aber convergent. Daraus folgt, dass kein Weitsichtiger bei ruhender Accommodation ohne Sammellinse deutlich sehen kann. Wird der Accommodationsmuskel in Thätigkeit versetzt, so können schwächer convergirende, dann parallele, schliesslich wohl auch gering divergente Strahlen, je nach der wachsenden Stärke des Accommodationseffectes, vereinigt werden. — Der Fernpunkt (Ruhepunkt) des Auges ist also negativ, der Nahepunkt abnorm weit (über 8 bis 80 Zoll), die Accommodationsbreite ist unendlich gross.

Die Ursache dieses Fehlers ist abnorme Kürze der Augen, die in Folge einer behinderten Entwickelung in der Regel in allen Dimensionen zu klein geblieben sind. Das Correctiv des Fehlers liefert eine Convexlinse.

Bestimmung des Fernpunktes.

Um den Fernpunkt festzustellen, nähert man dem Auge Objecte, welche einen Sehwinkel von nur 5 Minuten bilden (z. B. Snellen's kleine Buchstaben, oder die mittlere Jaeger'sche Druckschrift 4 bis 8) so lange, bis dieselben deutlich gesehen werden. Der gefundene Abstand vom Auge bezeichnet den Fernpunkt. Handelt es sich um die Feststellung des Fernpunktes eines Kurzsichtigen, so bietet man auch wohl dem Auge aus 20 Zoll Entfernung dieselben Objecte, die also nur 5 Minuten grosse Sehwinkel bilden, und sucht nun dasjenige Concavglas aus, durch welches er die Objecte zuerst deutlich sieht. Zur Bestimmung des Nahepunktes bringe man kleinste Objecte (z. B. feinste Druckschrift) näher und näher an das Auge, bis sie endlich undeutlich werden. Der Abstand des noch möglichen deutlichen Sehens bezeichnet den Nahepunkt.

Optometer.

Zur Bestimmung von Fern- und Nahepunkt kann man sich auch der Optometer bedienen. Auf einem Maassstabe, über welchen das zu untersuchende Auge der Länge nach (wie über einen Gewehrlauf) hinweg visirt, kann ein feines Object, z. B. eine Stecknadel verschoben werden. Man bringt diese einmal so nahe wie möglich, dann so fern wie möglich, dass sie noch scharf gesehen werden kann: Der Maassstab gibt direct den Abstand des Nahe-, des Fernpunktes und auch die Accommodationsbreite an (Gräfe). — Andere Optometer beruhen auf dem Scheiner'schen Versuche. Bei analoger Anordnung (wie vorstehend) betrachtet man das Object durch zwei Stichöffnungen eines Kartenblattes. Ist das Object näher an das Auge gebracht, als der Nahepunkt liegt, so erscheint es im Doppelbilde, — ähnlich, wenn es jenseits des Fernpunktes sich befindet, wie sich leicht aus der Betrachtung des Scheiner'schen Versuches (pg. 790) ergibt. Nach diesem Principe sind die Werkzeuge von Porterfield und Stampfer construirt. Bei letzteren dient als Fixirobject ein hellerleuchteter schmaler, in einer dunklen Röhre verschiebbarer Spalt. — Das Optometer von Th. Young und Lehot besteht aus einem weissen, über den geschwärzten Maassstab gespannten Faden: Derselbe erscheint innerhalb der Accommodationsbreite einfach und scharf, diesseits des Nähepunktes und jenseits des Fernpunktes erscheint jedoch der Faden wie gespalten divergent auseinandergehend.

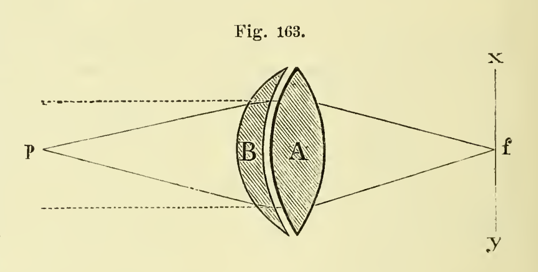
391. Maass des Accommodationsvermögens.

Maass der Accommodationskraft.

Die durch die Untersuchung leicht festzustellende Accommodationsbreite gibt an sich noch nicht das Maass für die eigentliche Accommodationskraft oder das A-Vermögen. Das Maass dieses letzteren ist die von dem Accommodationsmnskel geleistete mechanische Arbeit. Diese kann jedoch am Auge selbst direct natürlich nicht gemessen werden. Man ist daher darauf angewiesen, als Maass dieser Kraft den optischen Effect zu verwerthen, welcher entsteht in Folge der Linsenformveränderung, welche die Kraft des Muskels zu Stande bringt.

Betrachten wir diese Verhältnisse zunächst an dem normalsichtigen Auge. Im Ruhezustande werden in diesem diejenigen Strahlen auf der Netzhaut vereinigt (Fig. 163 f), welche parallel (punktirt) aus unendlicher Ferne kommen. Sollen nun Strahlen, welche aus dem Nahepunkt von 5 Zoll Entfernung (p) herkommen, vereinigt werden, so muss durch Aufbietung aller Kraft des Accommodationsmuskels die Linse um so viel convexer gemacht werden, dass diese Vereinigung möglich wird. Die Accommodationskraft leistet also einen optischen Effect, indem sie die vordem ruhende flache Linse (A) um den Convexitätszuwachs (B) verstärkt. Es wird also gewissermassen der vorhandenen Convexlinse A eine neue Convexlinse B zugefügt. Wie gross muss nun die Brennweite der Linse B sein, damit Strahlen aus dem Nahepunkt (5 Zoll) auf der Netzhaut (in f) sich vereinigen? — Offenbar muss die Linse B die aus p kommenden divergenten Strahlen parallel machen; dann kann A sie in f vereinigen. Convexlinsen lassen aber diejenigen Strahlen an ihrer anderen Seite parallel weiter gehen, welche aus ihrem Brennpunkte kommen (pg. 777, 1). In unserem Falle müsste also die Linse die Brennweite von 5 Zoll haben. Das normale Auge also, mit dem Fernpunkt $= \infty$ und dem Nahepunkt $= 5$ Zoll, hat eine Accommodationskraft äquivalent einer Linse von 5 Zoll Brennweite. Ist nun die Linse durch die Accommodationskraft stärker brechend gemacht, so kann ich offenbar diesen Zuwachs (B) leicht wieder eliminiren, wenn ich nun vor das Auge eine Concavlinse setze, welche genau den entgegengesetzten optischen Effect wie der Accommodationszuwachs (B) besitzt. Es ergibt sich hieraus, dass es wohl möglich ist, eine Linse von bestimmter Brennweite als das Maass für die Accommodationskraft des Auges zu setzen, d. h. für den durch die letztere erzielten optischen Effect. Demgemäss soll nach Donders das Maass für die Accommodationskraft des Auges der reciproke Werth der Brennweite einer Concavlinse sein, welche vor das (accommodirte) Auge gesetzt, ein aus dem Nahepunkte (p) herkommendes Strahlenbündel so bricht, als käme es aus dem Fernpunkte (Ruhepunkte des Auges).

Fig. 163.



Berechnung der Accommodationskraft aus dem Nahe- und Fernpunkt.

Nach diesem maassgebenden Gesichtspunkte berechnet sich nun das Maass der Accommodationskraft nach folgender Formel: $\frac{1}{x} = \frac{1}{p} - \frac{1}{r}$, d. h. die Accommodationskraft, ausgedrückt durch den dioptrischen Werth einer Hilfslinse (von x Zoll Brennweite), ist gleich der Differenz der reciproken Werthe der

Abstände des Nahepunktes (p) und des Fern- (Ruhe-) Punktes (r) vom Auge. — **Beispiele**: Das normalsichtige Auge hat, wie bereits erwähnt, $p = 5$; $r = \infty$. Seine Accommodationskraft ist also $\frac{1}{x} = \frac{1}{5} - \frac{1}{\infty}$, also $x = 5$, d. h. sie ist gleich einer Linse von 5 Zoll Brennweite. Ein kurzsichtiges Auge habe $p = 4$. $r = 12$, so ist $\frac{1}{x} = \frac{1}{4} - \frac{1}{12}$, also $x = 6$. Ein anderes kurzsichtiges Auge mit $p = 4$ und $r = 20$ hat also mit $r = 5$ sogar eine normale Accommodationskraft. Es kommt nun die wohl zu beachtende Thatsache vor, dass zwei verschiedene Augen, welche eine sehr verschieden grosse Accommodations breite besitzen, dennoch gleiche Accommodations kraft haben. Beispiel: Das eine Auge habe $p = 4$, $r = \infty$, das andere $p = 2$, $r = 4$. Es ist dann für beide $\frac{1}{x} = \frac{1}{4}$, also die Accommodationskraft beider Augen ist dem dioptrischen Werthe einer Linse von 4 Zoll Brennweite gleich. Umgekehrt können zwei Augen die gleiche Accommodationsbreite besitzen und dennoch ist ihre Accommodationskraft sehr ungleich. Beispiel: Das eine Auge habe $p = 3$, $r = 6$, das andere $p = 6$, $r = 9$ (beide haben also die Accommodationsbreite von 3 Zoll). Für diese ist nun die Accommodationskraft $\frac{1}{x} = \frac{1}{3} - \frac{1}{6}$; $x = 6$, — und $\frac{1}{x} = \frac{1}{6} - \frac{1}{9}$; $x = 18$. — Das allgemeine Gesetz bezüglich dieser Verhältnisse lautet nun: Sind die Accommodations breiten zweier Augen gleich gross, so sind ihre Accommodations kräfte nur unter der Bedingung gleich gross, falls ihre Nahepunkte gleich sind. Sind jedoch die Accommodations breiten gleich gross für zwei Augen, sind aber die Nahepunkte beider ungleich, so sind auch die Accommodations kräfte ungleich gross; und zwar ist letztere in demjenigen Auge am grössten, welches den kleinsten Nahepunkt hat. Es hat dies darin seinen Grund, weil jeder Unterschied der Entfernung in der Nähe einer Linse einen viel bedeutenderen Einfluss auf das Bild ausübt, als der Unterschied der Entfernung in weitem Abstande von der Linse. So kann ja das normale Auge in dem Abstande zwischen 60—70 Meter bis zur weitesten Entfernung ohne alle Accommodation deutlich sehen.

Verhältniss der Accommodations-Breite zur Accommodations-Kraft.

Während für das normalsichtige und kurzsichtige Auge p und r direct bestimmt werden können, ist dies für das weitsichtige Auge nicht möglich. Der Ruhepunkt (Fernpunkt) ist hier negativ, ja bei hochgradiger Hyperopie bleibt sogar der Nahepunkt noch negativ. Den Fernpunkt kann man aber bestimmen, wenn man durch eine passende Convexbrille das Auge in die Lage eines Normalsichtigen setzt. Den relativen Nahepunkt stellt man dann mittelst der Linse fest. — Schon vom 15. Jahre an wird meist das Accommodationsvermögen für die Nähe vergeringert; vielleicht weil die Elasticität der Linse abnimmt (Donders).

392. Brillen.

Bezeichnung der Brillen.

Die Brennweite sowohl der concaven (zerstreuenden), als auch der convexen (sammelnden) Brillengläser hängt natürlich ab von dem Brechungsverhältniss des Glases (gewöhnlich 3 : 2) und von der Grösse des Krümmungsradius. Ist die Krümmungsform beider Linsenseiten dieselbe (biconcav oder biconvex), so ist bei dem gewöhnlichen Brechungsindex des Glases die Brennweite gerade so gross wie der Krümmungsradius. Ist die eine Fläche der Linse jedoch plan, dann ist die Brennweite doppelt so gross wie der Radius der kugeligen Fläche. Man bezeichnet die Brillengläser einmal nach ihrer Brennweite in Zollen, wobei eine kürzere als 1 Zoll nicht genommen zu werden pflegt. Ferner kann man sie bezeichnen nach ihrer Brechkraft. Hierbei wird die Brechkraft der Linse von 1 Zoll Brennweite als Maasseinheit angenommen. Eine Linse von 2 Zoll Brennweite bricht nun das Licht nur halb so stark, als die als Einheit genommene Linse von 1 Zoll Brennweite; eine Linse von 3 Zoll Brennweite bricht nur ein Drittel so stark u. s. w. Es gilt dies sowohl von den Convexlinsen, als auch von den Concavlinsen, die natürlich

negative Brennweite haben. Es würde so z. B. die Bezeichnung „convex $^1/_5$" heissen, die convexe Linse bricht das Licht nur ein Fünftel so stark, als die Linse von 1 Zoll Brennweite; oder „concav — $^1/_8$" würde bezeichnen, das Concavglas zerstreut das Licht nur ein Achtel so stark als die Concavlinse von 1 Zoll (negativer) Brennweite.

Wahl der Brillen.

Habe ich bei einem kurzsichtigen Auge den (stets zu nahe liegenden) Fernpunkt bestimmt, so bedarf es natürlich, um die vom Fernpunkt kommenden, divergent auf das Auge fallenden Strahlen parallel zu machen, als kämen sie aus weitester Ferne, einer Concavlinse von der Brennweite des Fernpunktes. Die weiteste Ferne ist der Fernpunkt des Normalsichtigen. Hat also z. B. ein kurzsichtiges Auge den Fernpunkt 6 Zoll, so bedarf es einer Concavlinse von 6 Zoll Brennweite, um in weitester Entfernung deutlich zu sehen. So ist also bei einem kurzsichtigen Auge der (leicht zu bestimmende) Abstand des Fernpunktes vom Auge auch direct gleich der Brennweite derjenigen (schwächsten) concaven Linse, welche noch vollkommen genaues Sehen sehr entfernter Gegenstände gestattet; diese Linse pflegt die gleiche Nummer (der zu wählenden Brille) zu haben. Beispiel: Ein kurzsichtiges Auge mit dem Fernpunkt 8 Zoll bedarf also einer Concavlinse von — 8 Zoll Brennweite, d. h. der Concavbrille Nr. 8. — Für das weitsichtige Auge ist die Brennweite der stärksten Convexlinse, welche dem hyperopischen Auge noch scharfes Sehen entferntester Objecte möglich macht, zugleich der Abstand des Fernpunktes vom Auge. Beispiel: Ein weitsichtiges Auge, welches durch eine Sammellinse von 12 Zoll Brennweite die Gegenstände in grösster Entfernung deutlich sieht, hat den Fernpunkt 12; die passende Brille ist eben convex Nr. 12.

Verhaltungsregeln.

Bei erkannter Kurz- oder Weitsichtigkeit ist das Tragen der Brille zur Schonung des Auges durchaus anzurathen. Ist beim Kurzsichtigen der Fernpunkt noch jenseits 5 Zoll, so darf die Brille dauernd getragen werden; dann soll aber die gewöhnliche Beschäftigung der Nähe, z. B. Lesen, Schreiben, Handarbeit stets in gegen 12 Zoll Abstand vom Auge gemacht werden. Verlangt jedoch die Ausführung feinster Arbeit (Sticken, Präpariren, Zeichnen etc.) eine grössere Annäherung des Auges an das Object zum Behufe der Erzeugung eines grösseren Netzhautbildes, so nehme man entweder die Brille ganz ab, oder setze eine schwächere auf. — Der Weitsichtige gebrauche seine Convexbrille beim Sehen für die Nähe und zumal bei schwacher Beleuchtung, weil dann wegen der Erweiterung der Pupille die Zerstreuungskreise seines Auges besonders gross zu sein pflegen. Es ist zweckmässig, anfangs etwas zu starke Convexgläser zu wählen. — Ueber die Cylinderbrillen wird bei Astigmatismus berichtet. — Um das Auge bei empfindlicher Netzhaut vor zu intensiver Beleuchtung zu schützen, werden als Schutzbrillen rauchfarbige oder blaue Brillen angewendet. — Stenopäische Brillen sind vor das Auge gesetzte enge Diaphragmen, welche das Auge zwingen, nach einer bestimmten Richtung, nämlich durch die Oeffnung des Diaphragmas hindurch zu sehen.

Schutzbrillen. Stenopäische Brillen.

393. Chromatische und sphärische Aberration. — Mangelhafte Centrirung der brechenden Flächen. — Astigmatismus.

Chromatische Aberration.

Chromatische Aberration im Auge. — Alle Strahlen des weissen Lichtes, welche eine Brechung erleiden, werden zugleich in die das weisse Licht zusammensetzenden Regenbogenfarben zerlegt, weil diesen letzteren eine verschieden grosse Brechbarkeit zukommt. Am stärksten werden die violetten, am schwächsten die rothen Strahlen gebrochen. Von einem weissen Punkt auf schwarzer Fläche kann daher auf der Netzhaut kein scharfes einfaches Bild erscheinen, es entstehen vielmehr viele farbige Bildpunkte hinter einander. Wird das Auge so stark accommodirt, dass die violetten Strahlen zu einem scharfen Bildchen sich vereinigen, so müssen die folgenden Farben alle con-

centrische Zerstreuungskreise liefern, die nach dem Rothen zu um so umfangreicher werden. Im Centrum aller Kreise, wo alle Spectralfarben sich decken, entsteht durch Vereinigung aller ein weisser Punkt, um welchen herum die farbigen Ringe liegen. Der Abstand des Brennpunktes der rothen Strahlen von dem für die violetten ist im Auge = 0,58—0,62 Mm. Die Brennweite für Roth hat Helmholtz für das reducirte Auge auf 20,524 Mm., für Violett auf 20,140 Mm. berechnet. Daher liegen auch Nahe- und Fernpunkt für violettes Licht dem Auge näher, als für rothes. Weisse Objecte erscheinen so jenseits des Fernpunktes röthlich gerändert, diesseits des Nahepunktes jedoch violett. Auch muss daher das Auge sich für rothe Strahlen stärker accommodiren, als für violette; daher beurtheilen wir rothe Objecte für näher liegend, als gleich weit entfernte violette (Brücke).

Sphärische Aberration.

Monochromatische oder sphärische Aberration. Auch abgesehen von der Zerlegung des weissen Lichtes in seine Componenten erleiden auch die von einem Punkte ausgehenden Strahlen einfachen Lichtes dadurch eine Abweichung von ihrer Wiedervereinigung in einem einzigen Punkte, dass die Randbezirke der brechenden (wenn auch nur annähernd) kugeligen Flächen die Strahlen viel stärker brechen, als die mittleren Theile derselben. Es wird also so nicht ein Bildpunkt, sondern es werden viele gebildet. Als natürliche Correction dieses Verhaltens dient einmal die Iris, welche die Randstrahlen abhält, zumal noch bei stärkster Wölbung der Linse, bei welcher sich das Sehloch verkleinert. Dazu kommt ferner noch, dass der Randbezirk der Linse ein schwächeres Lichtbrechungsvermögen besitzt, als die centrale Substanz; endlich sind die Ränder der brechenden Kugelflächen am Auge mehr nach dem Rande hin weniger gewölbt, als die der optischen Axe näher liegenden Theile (vgl. hierüber die Form der Hornhaut und der Linsenflächen).

Mangelhafte Centrirung der brechenden Flächen.

Mangelhafte Centrirung der brechenden Flächen. Etwas störend für die scharfe Projection des Bildes wirkt die im Auge vorhandene nicht vollkommen genaue Centrirung der brechenden Flächen (Brücke). So liegt der Scheitelpunkt der Hornhaut nicht absolut genau im Endpunkte der optischen Axe; auch die Scheitelpunkte der beiden Linsenoberflächen und selbst der verschiedenen Linsenschichten fallen nicht genau in die optische Axe. Freilich sind die Abweichungen und die dadurch bewirkten Sehstörungen gewöhnlich nur minimale.

Regelmässiger Astigmatismus.

Regelmässiger Astigmatismus. Wenn die Krümmung der brechenden Flächen des Auges in verschiedenen Meridianen eine verschieden starke ist, so können sich die Lichtstrahlen nicht in einen Punkt vereinigen. Vornehmlich hat in solchen Fällen die Cornea die stärkste Krümmung im verticalen Meridian, die schwächste im horizontalen (wie die ophthalmometrische Messung zeigt). Die Strahlen, welche durch den verticalen Meridian gehen, vereinigen sich natürlich zuerst und zwar in einer horizontalen Brennlinie, hingegen die horizontal eintretenden Strahlen dahinter in einer senkrechten Linie; es fehlt also dem Auge der gemeinsame Brennpunkt der Lichtstrahlen: daher der Name Astigmatismus. Neben der Cornea besitzt auch die Linse etwas von dieser ungleichen Krümmung der Meridiane, aber gerade umgekehrt; folglich wird hierdurch ein Theil der Krümmungsungleichheit der Hornhaut compensirt, und nur ein Theil derselben bleibt somit dioptrisch wirksam. Einen sehr geringen Grad dieser Ungleichheit besitzt sogar das normale Auge (normaler Astigmatismus). Zeichnet man auf weisses Papier zwei sehr feine, sich rechtwinklig schneidende Linien, so wird man finden, dass zum scharfen Sehen der horizontalen Linie das Papier dem Auge etwas näher gehalten werden muss, als bei Fixirung der verticalen; das Normalauge ist also für horizontal liegende Objecte etwas kurzsichtiger, als für verticale. Wird die Krümmungsungleichheit erheblicher, so ist natürlich ein genaues Sehen überhaupt nicht mehr möglich. Zur Correction dient dann ein Glas, welches cylindrisch geschliffen ist, d. h. nach einer Richtung ohne Krümmung, nach der anderen (senkrecht zu dieser stehenden) mit Krümmung versehen ist. Das Glas wird so vor das Auge gesetzt, dass die Richtung der Glaskrümmung mit der Richtung der geringeren Krümmung am Auge zusammenfällt (Helmholtz, Knapp, Donders).

Correction desselben.

Unregelmässiger Astigmatismus.

Unregelmässiger Astigmatismus. Wegen der sternförmigen Anordnung der Fasern im Innern der Linse und dem in Folge hievon bestehenden ungleichen Verlaufe der Fasern innerhalb verschiedener Theile eines und desselben Linsenmeridianes werden die durch einen Meridian der Linse passirenden Strahlen ebenfalls nicht alle gleichzeitig in demselben Punkte zur Vereinigung kommen können. Daher kommt es, dass wir von fernen leuchtenden Punkten (Stern oder Laterne) kein scharfes Bild, sondern sternförmige gezackte, mit Strahlen ausgestattete Figuren sehen. Dasselbe sieht man, wenn man ein Kartenblatt mit feiner Stichöffnung gegen das Licht hält, etwas weiter vom Auge, als der Fernpunkt beträgt. Geringe Grade dieses unregelmässigen Astigmatismus sind normal, hochgradig entwickelt stören sie erheblich das Sehvermögen durch Erzeugung mehrerer Bildpunkte vom Objectpunkte statt des einzigen (Polyopia monoocularis). In linsenlosen Augen kann dieser Zustand natürlich nicht vorhanden sein.

394. Iris.

Function der Iris.

1. Die Iris wirkt wie ein Diaphragma optischer Werkzeuge zur Abhaltung der Randstrahlen (pg. 783, Fig. 154), deren Eintritt eine bedeutende sphärische Aberration und in Folge davon undeutliches Sehen bewirken würde. — 2. Dadurch ferner, dass sich die Pupille bei heller Beleuchtung stark verengt, bei schwacher sich erweitert, regulirt sie die Menge des einfallenden Lichtes: so treten bei heller Beleuchtung wenigere, bei dunklerer zahlreichere Lichtstrahlen in das Auge. — 3. Sie wirkt weiterhin einigermassen unterstützend für den Accommodationsmuskel.

Muskeln und Nerven der Iris.

Die Iris hat zwei Muskeln: den das Sehloch umkreisenden Sphincter (pg. 771), innervirt vom Oculimotorius (pg. 665, 2), und den Dilatator pupillae (pg. 771), vornehmlich vom Sympathicus cervicalis versorgt (pg. 668, 3; 697, A 1; 710, 1; 721, 8). Beide Muskeln stehen in einem antagonistischen Verhältnisse (pg. 578), daher erweitert sich das Sehloch nach Lähmung des Oculimotorius (pg. 666) durch Uebergewicht des Sympathicus; umgekehrt verengt es sich nach Ausrottung des Sympathicus. Bei gleichzeitiger Reizung beider Nerven verengt sich das Sehloch, es überwiegt also die Reizbarkeit des Oculimotorius.

Einwirkungen auf die Bewegungen der Iris. Opticus-reizung.

Die Bewegungen der Iris geschehen unter folgenden Bedingungen: 1. Lichtreiz der Netzhaut hat eine (der Intensität und Extensität desselben entsprechende) Verengung der Pupille zur Folge; dieselbe Wirkung hat Reizung des Opticus selbst (Herb. Mayo). Diese Bewegung ist eine reflectorisch auf die Bahn des Oculimotorius übertragene; stets reagiren beide Pupillen mit gleicher Bewegung. Nach Durchschneidung des Opticus wird das Sehloch weiter, die nun nachfolgende Durchschneidung des Oculimotorius vermag nicht noch mehr erweiternd zu wirken (Knoll). — 2. Das Centrum der pupillenerweiternden Fasern (pg. 721, 8) wird erregt durch dyspnoetische Blutmischung. Geht die Dyspnoe schliesslich in Asphyxie über, so nimmt die starke Erweiterung des Sehloches wieder ab. Vorherige Durchschneidung der peripheren dilatatorisch wirkenden Fasern (pg. 668, 3) macht die besagten Wirkungen natürlich unmöglich. — 3. Das Centrum, sowie die ihm subordinirte Regio ciliospinalis des Rückenmarkes (pg. 710) sind auch reflectorischer Erregung zugänglich: Schmerzbewirkende Reizung sensibler Nerven hat [wie schon die alten Folteracten beweisen, neben Hervortreten der Bulbi (pg. 670)] Erweiterung der Pupillen zur Folge (Arndt,

Reizung des Centrums der erweiternden Nerven.

Cl. Bernard, Westphal), ebenso wirkt die Erregung der Nerven der Geschlechtsorgane, ferner auch selbst leichte Tasteindrücke (Foà und Schiff). — 4. Einen weiteren wichtigen Einfluss übt die Blutfülle der Irisgefässe auf die Weite des Sehloches: Alles was die Injection derselben verstärkt, verengt die Pupille, — Alles was sie vermindert, erweitert sie. Verengernd wirken daher: exspiratorische Pressung (durch Rückstauung des Venenblutes), — momentan jeder Pulsschlag (durch diastolische Füllung der Arterien), — Abnahme des intraoculären Druckes (z. B. nach Punction der vorderen Augenkammer), weil dem verringerten intraoculären Drucke entsprechend nun um so ungehinderter Blut in die Irisgefässbahnen eindringt (Hensen und Völckers), — ferner auch Lähmung der vasomotorischen Fasern der Iris (pg. 668, 2). — Umgekehrt werden erweiternd auf das Sehloch wirken, ausser den entgegengesetzten Momenten, starke Muskelanstrengung, bei der reichlich Blut in die erweiterten Muskelgefässe einströmt, ferner der Eintritt des Todes. — Die beobachtete Pupillenerweiterung bei Neuralgien des Trigeminus muss theils auf Reizung der erweiternden Fasern (pg. 668, 2), theils auf Reizung der Irisvasomotoren (pg. 668, 2) bezogen werden. — 5. Als Mitbewegung gilt die Pupillenverengerung bei der Accommodation für die Nähe (pg. 789, 5), und bei der Rotation der Bulbi nach innen, die auch im Schlafe vorhanden ist (pg. 747). — Directe Reizung am Hornhautrande hat Erweiterung der Pupille zur Folge (E. H. Weber); man kann sogar durch directe Reizung an umschriebener Stelle des Irisrandes partielle Dilatatorenverkürzung bewirken (Bernstein und Dogiel). — Reizung mehr in der Mitte der Hornhaut verengt das Sehloch (E. H. Weber).

Einwirkung der Gefässfüllung.

Sonstige Einwirkungen.

Ueber die Wirkung der Gifte auf die Iris herrscht stets noch Dunkel. Erweiternd wirken die Mydriatica: Atropin, Duboisin (Tweedy, v. Hasner), Hyoscyamin, vornehmlich wohl durch Lähmung des Oculimotorius. Es muss aber auch wohl zugleich reizend auf die dilatirenden Fasern wirken, denn bei completer Oculimotoriuslähmung wird die mässig dilatirte Pupille (pg. 666, 5) durch Atropin noch mehr erweitert. Das Atropin wirkt noch nach Zerstörung des Ggl. ciliare (Hensen und Völckers) und am ausgeschnittenen Auge (De Ruyter, Rottmann). — Ueber die Wirkung der Verengerer (Myotica) Calabar, Nicotin, Morphin, nehmen einige Forscher Reizung des Oculimotorius (Grünhagen), andere Lähmung des Sympathicus an (Hirschmann, Rosenthal). Da diese Mittel den Accommodationsmuskel zur Contraction bringen, so wird hieraus von ersteren auf analoge Wirkung auf den Sphincter geschlossen. Ist die eine Pupille durch diese Gifte verengt oder erweitert, so ist die andere umgekehrt weiter oder enger wegen der Veränderung der einfallenden Lichtmenge in das Auge. Die Anaesthetica (Aether, Chloroform, Alkohol u. A.) wirken bei beginnender Betäubung verengernd, bei intensiver Wirkung erweiternd (Dogiel).

Wirkung der Gifte auf die Iris.

Stets geht mit der Bewegung der Iris eine Schwankung des intraoculären Druckes einher: Die Erweiterung des Sehloches verengt die Gefässe der Iris und setzt den intraoculären Druck herab, wie man nach längerer Atropineinwirkung deutlich an der Abnahme der Bulbushärte erkennen kann. Diesen Erfolg hat auch die directe Sympathicusreizung; die Oculimotoriusreizung bewirkt Zunahme des intraoculären Druckes unter Erweiterung der Gefässe und Verengerung des Sehloches.

Aenderung des intraoculären Druckes bei der Irisbewegung.

Es dauert stets eine gewisse Zeit bis sich die Iris der Lichtstärke entsprechend, die die Netzhaut erregt, mit einer passenden Grösse des Sehloches „adaptirt“ (Aubert). Einer hellen Beleuchtung folgt nach 0,4—0,5 Secunden die Contraction des Sehloches. Bei Vögeln erfolgt auf Reizung des Oculimotorius sehr schnelle Contraction; beim Kaninchen verstreichen nach Reizung des Sympathicus bis zum Beginn der Erweiterung 0,89 Secunden (Arlt jun.).

Zeit der Bewegung.

Die aus dem Auge herauspräparirte und in Kochsalzlösung gelegte Iris des Aales contrahirt sich auf Lichtreiz (Arnold, Gysi und Luchsinger), und zwar sind die grünen und blauen Lichtstrahlen hierbei die wirksamsten.

395. Entoptische Erscheinungen. —

Wahrnehmung innerer Augentheile in Folge von Reizung der Netzhaut.

Definition. Entoptische Erscheinungen werden diejenigen genannt, welche auf der Wahrnehmung von Objecten beruhen, die im Auge selbst vorhanden sind. Zu diesen gehören:

Entoptische Schatten. 1. Die Schatten, von verschiedenen undurchsichtigen Körpern auf die Netzhaut geworfen. Um sie im eigenen Auge zu erkennen, verfährt man so: Durch eine starke Convexlinse werfe ich ein kleines Flammbild auf einen Pappschirm, steche eine feine Oeffnung durch das Flammbild und halte mein Auge nun so an der anderen Seite des Schirmes, dass die hellerleuchtete Stichöffnung sich im vorderen Brennpunkte des Auges (fast 13 Mm. vor der Cornea) befindet. Da die von diesem Punkte ausgehenden Strahlen parallel durch die Augenmedien gehen, so entsteht ein hell diffus erleuchtetes Gesichtsfeld, vom schwarzen Rahmen des Irisrandes eingefasst. Alle dunklen Körperchen, welche von den Lichtstrahlen getroffen werden, werfen einen Schatten auf die Netzhaut und erscheinen so als Flecken. — Man kann unter diesen Schatten verschiedene Arten unterscheiden: — a) Das Spectrum mucrolacrimale, zumal an den Lidrändern, herrührend von Schleimkügelchen, Fettkügelchen der Meibom'schen Drüsen, Staub gemengt mit Thränen, liefert streifige oder wolkige oder tropfenartige Retinalschatten, die durch den Lidschlag verscheucht werden. — b) Wird die Hornhaut mit dem Finger zeitweise gedrückt, so zeigen sich runzelartige Schatten der so hervorgerufenen transitorischen Hornhautfalten. — c) Perlartige oder dunkle Flecke, helle und dunkle sternförmige Figuren, erstere von Ablagerungen auf und in der Linse, letztere von dem sternförmigen Bau der Linse herrührend. — d) Die Mouches volantes (Dechales 1690), Perlschnüren, Kreisen, Kügelchengruppen, oder blassen Streifen vergleichbar, rühren von dunklen Theilchen (Zellen, zerfallenden Zellen, körnchenbesetzten Fasern, (Donders, Duncan) des Glaskörpers her. Sie bewegen sich in demselben bei schnellen Bewegungen des Auges. — Listing zeigte (1845), dass man den Ort, an welchem alle diese schattenwerfenden Objecte sich befinden, annähernd bestimmen könne. Hebt oder senkt man nämlich während dieser Selbstbeobachtung die Lichtquelle (den hellerleuchteten Stichpunkt), so behalten diejenigen Schatten ihren relativen Ort im hellen Gesichtsfelde, welche von Körpern herrühren, die sich im Niveau der Pupillaröffnung befinden. Schatten, welche sich scheinbar im gleichen Sinne wie die Lichtquelle bewegen, rühren von Körpern her, die vor der Pupillarebene liegen, diejenigen jedoch, welche sich scheinbar im entgegengesetzten Sinne bewegen, von Körpern hinter der Pupillarebene.

Spectrum mucrolacrimale. Hornhautdruckfalten. Linsenschatten. Mouches volantes.

Gefässschattenfigur. 2. Die Gefässschattenfigur (Purkinje 1819), herrührend von den Gefässstämmen innerhalb der Retina, welche einen Schatten auf die hinterste Schicht derselben, die lichtpercipirenden Stäbchen und Zapfen werfen. Beim gewöhnlichen Sehen nimmt man bekanntlich diese Schatten nicht wahr. Es rührt dies nach Helmholtz wohl daher, dass die Empfindlichkeit der beschatteten Stellen der Netzhaut grösser, ihre Reizbarkeit weniger erschöpft ist, als in der ganzen übrigen Netzhaut. Sobald man aber den Ort des Schattens der Gefässe verändert, ihn statt gerade hinter den Gefässen mehr seitlich und hinten von ihnen entstehen lässt, also auf Stellen, die beim gewöhnlichen Gang der Lichtstrahlen von den Gefässen keine Schlagschatten erhalten, so tritt sofort die Gefässschattenfigur hervor. Es handelt sich also darum, Licht möglichst schräg in den Bulbus hinein zu senden. Dies geschieht 1. indem man intensives Licht durch die Sclera eintreten lässt (man entwirft auf der Sclera ein kleines lichtstarkes Bildchen einer Lichtquelle). Bei Bewegung der Lichtquelle bewegt sich die Gefässfigur in gleichem Sinne. — 2. Stark emporsehend zum Himmel blinzele man mit dem gesenkten Oberlid, so dass nur momentan, der Blinzelbewegung entsprechend, sehr schräge Lichtstrahlen von oben her durch die unterste Pupillenlücke einfallen. — 3. Man sehe durch eine enge Oeffnung gegen

Methode der Erzeugung.

den hellen Himmel und bewege die Oeffnung schnell hin und her, so dass nun schnell von beiden Seiten der Gefässe Schatten auf die nächstliegenden Stäbchenreihen fallen. — Oder 4. man bewege im Dunkelraume bei geradeaus gerichtetem Auge ein Licht nahe unterhalb des Auges hin und her. Mitunter sieht man bei Anstellung dieser Versuche die Macula lutea, einer gefässlosen beschatteten Grube ähnlich (Purkinje, Burow), und zwar (wegen der Umkehr der Objecte) nach innen vom Sehnerveneintritt.

Blutkörperchen in den Netzhautcapillaren.

3. Erkennung der Bewegung der Blutkörperchen in den Retinacapillaren (Boissier). Blickt man accommodationslos gegen eine grosse helle Fläche, oder durch ein dunkelblaues Glas gegen die Sonne, so sieht man hellleuchtende, Fünkchen ähnliche Pünktchen sich auf grössere oder kleinere Strecken in verschieden gewundenen Bahnen bewegen. Die Bewegung scheint mir am ähnlichsten dem eines Gyrinusschwarmes (kleiner Wasserkäfer) auf der Wasserfläche. Ich erkenne deutlich, dass die Fünkchen sich oft wie in bestimmten vorgezeichneten Bahnen nach einander bewegen. Die Erscheinung kommt wahrscheinlich so zu Stande, dass die rothen Blutkörperchen als kleine lichtsammelnde Concavscheibchen das von der hellen Fläche auf sie fallende Licht concentrirt auf die Stäbchen der Netzhaut werfen. Es bedarf daher für jedes Körperchen einer passenden Lage; — rollen sie um, so verschwindet die Lichterscheinung. Vierordt, der die Bewegung auf eine Fläche projicirte, berechnete aus der Geschwindigkeit derselben die Stromgeschwindigkeit des Blutstromes in den Netzhautcapillaren gleich 0,5—0,75 Mm. in einer Secunde, was mit den directen Beobachtungen von E. H. Weber und Volkmann über die Blutströmung in den Capillaren wohl übereinstimmt (pg. 185). Während der Compression der Carotis verlangsamt sich die Bewegung, Freigeben derselben sowie kurze forcirte exspiratorische Pressung accelerirt die Bewegung (Landois).

Entoptische Pulserscheinung.

4. Die entoptische Pulserscheinung (Landois) beruht wohl darauf, dass die klopfenden Retinalarterien mechanisch die unter ihnen liegenden Stäbchen erregen.

Druckerscheinungen.

5. Unter dem Einflusse des Druckes kommen eine Anzahl von Phänomenen zur Erscheinung: a) Partieller Druck am Bulbus ruft das sogenannte leuchtende „Druckbild“ oder Phosphen hervor, das schon Aristoteles kannte. Durch die Verlegung dieser Netzhauterregung nach aussen wird das Phosphen stets an der entgegengesetzten Stelle im Gesichtsfelde wahrgenommen, als wo der Druck die Netzhaut traf; z. B. hat Druck aussen am Bulbus die Lichterscheinung innen zur Folge. Ist die Netzhaut verdunkelt, so erscheint das Phosphen leuchtend, ist sie erhellt, so erscheint sie als dunkler Fleck, innerhalb dessen die Gesichtswahrnehmung momentan erlischt. — b) Lässt man längere Zeit einen gleichmässigen Druck von vorn nach hinten auf den Bulbus wirken, so treten, wie schon Purkinje sah, nach kurzer Zeit sehr glänzende, wechselnde, lichte Figuren im Gesichtsfelde auf, die ein wunderliches phantastisches Spiel vollführen und oft den glänzendsten kaleidoskopischen Darstellungen ähnlich sind (Helmholtz), [wohl dem Gefühle der Formication beim Druck auf sensible Nerven vergleichbar („Einschlafen der Glieder“)]. — c) Bei gleichem, anhaltenden Druck sahen dann Steinbach und Purkinje ein Gefässnetz auftreten mit strömendem Inhalte, von bläulich silberglänzender Farbe, das den Retinalvenen zu entsprechen scheint. Vierordt und Laiblin sahen dann noch die Verästelungen der Gefässe der Aderhaut roth auf dunklem Grunde als ein Netz mit den für diese Capillaren charakteristischen Formen. — d) Nach Houdin soll man auch beim Druck auf den Bulbus die Stelle des gelben Fleckes erkennen können.

Eintrittsstelle des Sehnerven.

6. Die Eintrittsstelle des Sehnerven nimmt man bei schneller ruckartiger Bewegung der Augen, zumal nach innen, wahr als feurigen, über erbsengrossen Ring oder Halbring. Wahrscheinlich wird durch die Bewegung der Sehnerv an seiner Eintrittsstelle durch Beugung oder Knickung mechanisch gereizt. Ich sehe wie Purkinje diesen Ring auch dauernd bei starker Wendung des Auges nach Innen. Wird die Netzhaut stark beleuchtet, so erscheint der Fleck dunkel, bei farbigem Gesichtsfelde andersfarbig. Bei gleichzeitiger Erzeugung der Gefässschattenfigur kann man erkennen, dass die Gefässstämme aus

diesem Ringe hervortreten, ein Beweis, dass der Ring dem Sehnerveneintritte entspricht (Landois).

7. Accommodirt man möglichst stark gegen eine weisse Fläche, so erscheint in der Mitte zuerst ein kleiner heller zitternder Schimmer, in dessen Mitte ein rauchbrauner erbsengrosser Fleck auftaucht (Purkinje, Helmholtz). Bringe ich äusserlich am Bulbus nun noch einen Druck an, so wird dieser Fleck viel deutlicher. Hat man das Phänomen einmal erkannt, so sieht man nun auch lediglich bei einem Seitendruck am geöffneten Auge mitten im Gesichtsfelde einen helleren Fleck, auch ein Beweis, dass auch bei der Accommodation der intraoculäre Druck steigt (Landois). Durch gleichzeitige Erregung des Phänomens wird bewiesen, dass die Erscheinung an der Eintrittsstelle des Sehnerven stattfindet (Landois).

8. Wird der Sehnerve beim Menschen (zu Operationszwecken) durchschnitten, so entsteht im Momente des Schnittes ein starkes Aufleuchten. Der Schnitt durch die Nervenfasern selbst ist schmerzlos, nur die Hüllen schmerzen.

Accommodationsphosphen.

9. Das Accommodationsphosphen (Purkinje, Czermak) ist die Erscheinung eines feurigen Reifens an der Peripherie des Gesichtsfeldes, welcher auftritt, wenn man nach langem intensiven Accommodiren für die Nähe im Dunkeln plötzlich die Augen zur Ruhe gehen lässt. Die mit dem Nachlasse sich einstellende plötzliche Spannung der Zonula Zinii übt eine mechanische Zerrung des äussersten Netzhautrandes aus, oder vielleicht auch des hinten belegenen Netzhauttheiles (Hensen und Völckers, Berlin). Purkinje sah die Erscheinung ebenso nach plötzlichem Nachlass eines Druckes auf das Auge.

Elektrische Erregung.

10. Bei elektrischen Stromesschwankungen (ein Pol am Oberlid, der andere im Nacken) entstehen starke Lichtblitze, die das ganze Gesichtsfeld überziehen. Der Schliessungsblitz ist bei aufsteigendem, der Oeffnungsblitz bei absteigendem Strome stärker (Helmholtz). — Bei gleichmässig anhaltendem aufsteigenden Strome am geschlossenen Auge erscheint im weisslich violetten Gesichtsfelde die dunkle Scheibe des Sehnervenhügels. Bei absteigendem Strome wird das Gesichtsfeld umgekehrt röthlich und verdunkelt, in welchem hellblau die Stelle des Sehnerven erscheint (Helmholtz); werden gleichzeitig äussere Farben betrachtet, so mischen sich diese Farbentöne violett oder gelb den gesehenen Farben bei (Schelske). Während der Dauer des aufsteigenden Stromes soll man bei offenen Augen äussere Objecte undeutlicher und verkleinert sehen, bei absteigendem deutlicher und vergrössert (Ritter). Mitunter erscheint die Stelle der Macula lutea bald dunkel auf hellem, bald hell auf dunklem Grunde, je nach der Richtung des Stromes. — Wird die Kette geöffnet, so geht nach einer Umkehr der Erscheinungen (pg. 649) das Auge alsbald wieder zur Ruhe über (Helmholtz).

Gelber Fleck.

11. Der gelbe Fleck erscheint auch mitunter bei gleichmässig blauer Beleuchtung als dunkler Kreis. Bei stärkerem Lichte erscheint die Stelle des gelben Fleckes noch umgeben von einem im Durchmesser etwa dreimal so grossen hellen Hofe, „dem Löwe'schen Ringe".

Haidinger's Büschel.

Wenn man das Auge auf ein Feld richtet, von wo polarisirtes Licht kommt, so erscheinen Haidinger's Polarisationsbüschel im Fixationspunkte. Man sieht sie (Helmholtz), wenn man z. B. durch ein Nicol'sches Prisma nach einer hellen Wolkenfläche blickt. Sie erscheinen als helle, durch zwei zusammengehörige Hyperbeln begrenzte Flecke auf weissem Felde bläulich, der dunkle Büschel, der sie trennt und im Centrum am schmalsten ist, gelblich. Von verschiedenen Farben homogenen Lichtes zeigt nur Blau die Büschel (Stokes). Nach Helmholtz ist der Sitz der Erscheinung der gelbe Fleck, und rührt sie daher, dass die gelbgefärbten Elemente des gelben Fleckes schwach doppelbrechend sind, welche von den eintretenden Strahlen an den einen Stellen mehr, an den anderen weniger absorbiren.

Lichterscheinungen aus inneren Ursachen.

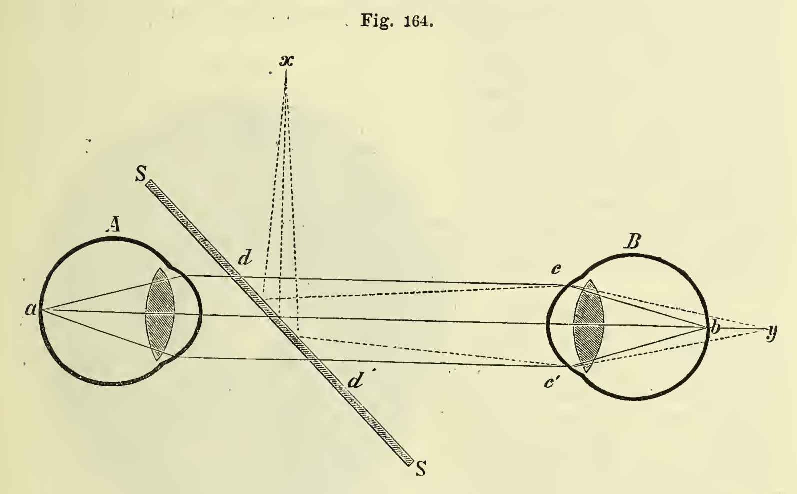
12. Endlich sind die Lichtempfindungen aus inneren Ursachen zu erwähnen, durch vermehrte Blutwallung zur Netzhaut (z. B. bei heftigen Hustenstössen), verstärkten intraoculären Druck u. dgl. — Erregungen der psychooptischen Centra (752, 1) können Phantasmen hervorrufen, die Cardanus (1550), Goethe und Joh. Müller sogar willkürlich sich hervorrufen konnten.

396. Das Augenleuchten und der Augenspiegel.

Wesshalb der Augenhintergrund dunkel ist.

Das in das Auge hineinfallende Licht wird theils von dem schwarzen Uvealpigmente absorbirt, zum Theil wird es aus dem Auge wieder reflectirt und zwar stets nach derselben Richtung hin, in welcher der Lichtstrahl eingedrungen ist. Befinden wir uns dem Auge eines Anderen gegenüber, so hält natürlich unser Kopf, als undurchsichtiger Körper, eine ganze Menge von Strahlen ab. Da somit also aus der Richtung

Fig. 164.



Vorrichtung zur Erhellung des Hintergrundes des Auges *B*.

unseres Kopfes her keine Lichtstrahlen in das Auge einfallen können, so können natürlich auch keine aus dem Auge nach uns hin hinaustreten. Das Auge des Beobachteten erscheint daher unseren Augen stets deshalb schwarz in der Tiefe, weil wir stets den Eintritt denjenigen Strahlen in dasselbe verwehren, welche allein in der Richtung gegen unser Auge reflectirt werden könnten. Sobald es uns jedoch gelingt, in derselben Richtung, in welcher wir in das Auge des Anderen hineinsehen, zugleich auch Lichtstrahlen hineinzusenden, so erscheint sofort der Augenhintergrund hell erleuchtet.

Beleuchtung des Augengrundes.

Zur Erhärtung des Gesagten genügt die folgende einfache Vorrichtung. (Fig. 164) B sei das Auge des zu Untersuchenden, A das des Beobachters; befindet sich nun in x eine Flamme, so wirft diese ihre Strahlen gegen die Glasplatte S S, welche sie in der Richtung der punktirten Linien in das Auge B reflectirt. Der Augenhintergrund erscheint in dieser Stellung rings um b im Zerstreuungskreise hell erleuchtet. Da der Beobachter A durch die schräge Glasplatte S S ungehindert hindurch sehen kann, und zwar in derselben Richtung mit dem reflectirten Strahle x y, so sieht er die Netzhaut um b natürlich hell erleuchtet.

Erkennung der Einzelheiten auf dem Augengrunde.

Es kommt nun zum Behufe ärztlicher Untersuchung weiterhin darauf an, dass man auf dem Augenhintergrunde des zu Untersuchenden auch die Einzelheiten unterscheiden könne, etwa in Bezug auf die Gefässe des Augenhintergrundes, die Macula lutea, die Eintrittsstelle des Sehnerven, Abnormitäten der Netzhaut, des Chorioidealpigmentes u. dgl. Wie hier zu verfahren sei, lehrt die folgende Erwägung: Wie wir gesehen (und wie Fig. 154, pg. 783 zeigt) entsteht von einem Gegenstande (A B), für den das Auge accommodirt ist, ein verkleinertes umgewendetes Bild auf der Netzhaut (c d). Umgekehrt wird aber auch nach demselben dioptrischen Gesetze von einem kleinen bestimmten Bezirk der Netzhaut (eines auf einen bestimmten Abstand accommodirten Auges) nach aussen hin (bei A B) ein vergrössertes umgekehrtes reelles Bild dieses Netzhauttheiles (c d) entstehen müssen. Ist der Augengrund dieses Auges hinreichend stark erhellt, so wird auch dieses in der Luft schwebende Bild eine entsprechende Lichtstärke besitzen.

Fig. 165.

Die Eintrittsstelle des Sehnerven sammt dem sie nächst umgebenden Bezirke eines normalen Augengrundes. (Nach Ed. Jaeger.) *A* Sehnervenscheibe (Papille), *a* Bindegewebsring, *b* Chorioidealring, *c* Arterien, *d* Venen, *g* Theilungsstelle des Centralarterienstammes, *h* Theilungsstelle des Centralvenenstammes, *L* Lamina cribrosa, *t* temporale (äussere) Seite, *n* nasale (innere) Seite.

Will der Beobachter nun einzelne Theile dieses Retinabildes genauer sehen, so hat er nun zunächst sein Auge auf den Ort dieses Bildes zu accommodiren. Sein eingestelltes Auge ist dann natürlich um die eigene Sehweite und um die Sehweite des Auges des Untersuchten entfernt von der Retina des letzteren. Bei diesem bedeutenden Abstande sind die zarten Einzelheiten des Augenhintergrundes nicht mehr zu erkennen. Ueberdies ist bei der Enge der Pupille des Untersuchten stets nur ein kleiner Bezirk des Augenhintergrundes und unter nur kleinem Sehwinkel zu übersehen, ganz abgesehen davon, dass die Accommodation für das reelle Bild des Augenhintergrundes des Untersuchten oft nicht möglich ist.

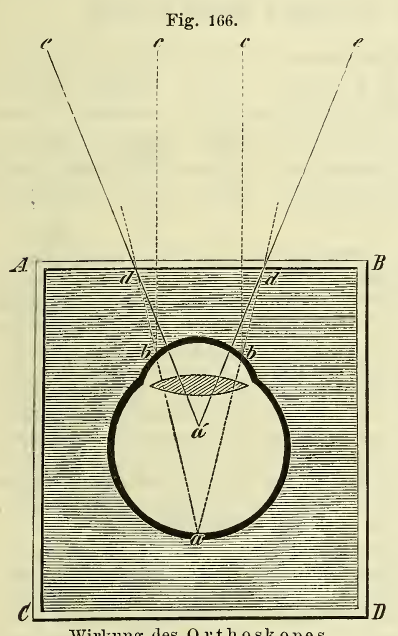
Es kommt daher nun darauf an, dass das Auge des Beobachters näher an das Auge des Untersuchten herangebracht werden kann. Das geschieht auf zweierlei Weise: 1. Entweder man bringt vor das Auge des Untersuchten eine starke Convexlinse (1—3 Zoll Brennweite). Da hierdurch das Retinalbildchen bereits nahe dem Auge (in Folge der stärkeren Brechung der Strahlen durch die Linse)

entsteht, so kann der Beobachter viel näher an dasselbe heran und kann doch noch für das Bild des Augenhintergrundes accommodiren. — 2. Oder man setzt dicht vor das Auge des Untersuchten eine Concavlinse. Es entsteht dann vom Augenhintergrunde ein aufrechtes virtuelles Bild in der Ferne hinter dem Auge des Untersuchten. Auch so kann der Beobachter viel näher an das Auge herantreten.

Augenspiegel.

Der Beleuchtungsapparat, dazu eine dieser Linsen bilden den „Augenspiegel“ (Ophthalmoskop) von Helmholtz (1851), das Fundament der modernen Ophthalmiatrik, wodurch man alle Einzelheiten des Augengrundes übersehen kann.

Fig. 166.



Wirkung des Orthoskopes.

Art der Beleuchtung.

Zur Beleuchtung nahm Helmholtz mehrere hinter einander gelegte Scheiben (die besser spiegeln, als nur eine) in derselben Lage wie SS in Fig 164. Man kann auch einen in der Mitte durchbohrten Planspiegel oder Concavspiegel von 7 Zoll Brennweite nehmen. Fig. 165 zeigt uns das ophthalmoskopische Bild der Eintrittsstelle des Sehnerven und ihrer Umgebung von einem normalen Augenhintergrund, an welcher man die in der Figur selbst näher bezeichneten Einzelheiten deutlich zu unterscheiden vermag.

Leuchtende Augen.

Bei Albinos erscheint der Augengrund deshalb hell roth, weil Licht durch die pigmentlose Sclera und Uvea in's Auge fallen kann. Legt man ein Diaphragma über das Auge, so dass nur die Pupille frei ist, so erscheint der Augengrund schwarz (Donders). Bei manchen Thieren leuchten die Augen in hellgrünem Scheine. Sie besitzen eine besondere Lage, das Tapetum, oder die Membrana versicolor Fieldingii, bei Carnivoren aus Zellen, bei den Herbivoren aus Fasern bestehend und zwischen der Choriocapillaris und dem Stroma der Uvea liegend, welche Interferenzfarben gibt und viel Licht reflectirt, so dass ein farbiger Schein aus dem Auge hervorleuchtet.

Tapetum.

Die seitliche Beleuchtung.

Zum Behufe der Untersuchung der vorderen Augenkammer hat man mit Vortheil auch die schiefe Beleuchtung angewendet. Man lässt seitlich durch die Hornhaut ein durch eine Convexlinse gesammeltes helles Lichtbündel in das Auge eintreten und richtet es auf den Punkt der Untersuchung, der nun hell und klar hervortritt. Der so stark erleuchtete Punkt, z. B. ein Theil der Iris, kann jetzt noch mit Hilfe einer Loupe oder sogar eines Mikroskopes (Liebreich) in der Vergrösserung betrachtet werden.

Das Orthoskop.

Czermak construirte das Orthoskop (Fig. 166), durch welches er das Auge unter Wasser setzte. Ein kleiner Glastrog, dem die eine Wand fehlt, wird mit den Rändern dieser Lücke dicht der Augenumgebung angedrückt. Das Auge nebst Umgebung bildet so die 6. Wand des Troges, den man nun mit Wasser füllt, so dass die Cornea von demselben bespült wird. Da das Brechungsverhältniss des Wassers ähnlich ist dem der Augenmedien, so treten

die Strahlen aus dem Auge ungebrochen in gerader Richtung heraus. Daher kann man so Objecte in der Vorderkammer direct sehen, wie wenn sie gar nicht im Auge eingeschlossen wären. Ein weiterer Vortheil liegt darin, dass die Objecte dem Auge des Beobachters näher gerückt sind. Die vom Punkte a des Augengrundes ausgehenden Strahlen würden, wenn das Auge von Luft umgeben wäre, dasselbe parallel als b c, b c verlassen. Unter Wasser gebracht behalten aber diese Strahlen a b, a b ihre Richtung bei, bis nach d, d, wo sie, aus dem Wasser hervortretend, von dem Einfallsloth weg gebrochen werden, nämlich nach d e, d e. Das in der Richtung d e schauende Auge des Beobachters sieht aber hierdurch den Punkt a näher, nämlich in der Richtung e d a[1], also bei a_1 liegend.

397. Thätigkeit der Netzhaut beim Sehen.

Lichtempfindlichkeit der Stäbchen und Zapfen.

Mariotte's Versuch.

I. Nur die Stäbchen und Zapfen sind die lichtempfindenden Theile der Netzhaut (Heinr. Müller), nur sie werden durch die Schwingungen des Lichäthers in Erregung versetzt. Dies beweist der Mariotte'sche Versuch (1668), welcher zeigt, dass die Eintrittsstelle des Opticus, an welcher Stäbchen und Zapfen fehlen, ohne Lichtempfindung ist. Man nennt sie daher den „blinden Fleck".

Anstellung desselben.

Fixirt man mit einem Auge (bei geschlossenem anderen) von zwei auf weissem Papier gezeichneten Buchstaben (Fig. 154, pg. 783) B und f den Buchstaben f, so dass dessen Bild auf die Fovea centralis retinae fällt, das Bild von B jedoch auf die Eintrittsstelle des Sehnerven, so verschwindet sofort der letztgenannte.

Lage und Grösse des blinden Fleckes.

Zeichnet man auf das Papier drei Punkte A f B und fixirt den mittleren Punkt f, so wird B verschwinden, jedoch die Punkte A und f werden sichtbar sein. — Die Eintrittsstelle des Sehnerven liegt etwa 3,5 Mm. nach innen vom Eintritt der Sehaxe in die Netzhaut. Die Stelle selbst besitzt einen Durchmesser von 1,8 Mm. (Helmholtz). Im Gesichtsfelde beträgt der scheinbare Durchmesser des blinden Fleckes in horizontaler Richtung 6° 56′ —, diese liegen horizontal vom fixirten Punkte aus von 12° 25′ bis 18° 55′. Auf diesem Durchmesser würden noch 11 neben einander liegende Vollmonde verschwinden, ebenso ein menschliches Antlitz bei über zwei Meter Entfernung.

Beweis des Mariotte'schen Versuches.

Der Beweis, dass wirklich die Eintrittsstelle des Sehnerven es ist, welche unempfindlich ist, wird durch folgende Beobachtungen geliefert: 1. Donders entwarf direct mittelst eines Spiegels ein kleines Flammenbildchen auf die Eintrittsstelle des Sehnerven eines Anderen: der Beobachtete hatte keine Lichtempfindung. Letztere trat sofort ein, wenn das Flammenbildchen auf die angrenzenden Theile der Retina verschoben wurde. — 2. Combinirt man mit dem Mariotte'schen Versuche die Versuche, welche entoptische Phänomene an der Eintrittsstelle des Sehnerven geben (pg. 801, 802, 6 und 7), so fallen diese mit dem blinden Fleck zusammen (Landois).

Bestimmung von Form und Grösse des blinden Fleckes.

Um in dem eigenen Auge die Form und scheinbare Grösse des blinden Fleckes zu bestimmen, befestige man den Kopf etwa 25 Cmtr. gegenüber einer weissen Papierfläche; auf letzterer wird ein kleiner Punkt fixirt. Dann geht man von der Stelle des blinden Fleckes auf dem Papiere nach allen Richtungen mit einer weissen Feder vor: allemal dort, wo zuerst die Federspitze sichtbar wird, mache man eine Marke. So lässt sich der blinde Fleck ringsum „abtasten". Man findet dann, dass derselbe eine unregelmässig elliptische Form hat, von der man noch als Fortsätze die ebenfalls blinden Anfänge der grossen Gefässstämme der Netzhaut ausgehen findet (Hueck, Helmholtz). — Mariotte schloss aus seinem Versuche, dass die Chorioidea, welche vom Sehnerv durchbohrt wird, die lichtempfindende Membran sei, da in der Netzhaut nirgends die Nervenmasse fehle.

Ausfüllung des blinden Fleckes im Gesichtsfelde.

Der blinde Fleck im Auge bewirkt keinen wahrnehmbaren Ausfall innerhalb des Gesichtsfeldes. Da an dieser Stelle eben gar keine Erregung durch das Licht statthat, so kann auch nicht etwa ein schwarzer Fleck im Gesichtsfelde entstehen, denn die Empfindung schwarz setzt eben schon Netzhautelemente voraus, die auf dem blinden Flecke fehlen. Der Umstand aber, dass wir beim Sehen trotz der unerregbareu Stelle keine Partie im Gesichtsfelde unausgefüllt wahrnehmen, wird auf eine Thätigkeit der Psyche bezogen. Durch einen psychischen Act wird der dem blinden Fleck entsprechende unausgefüllte Bezirk des Gesichtsfeldes nach der Wahrscheinlichkeit ausgefüllt (E. H. Weber). Daher erscheint uns, wenn ein weisser Punkt auf einer schwarzen Fläche verschwindet, die ganze Fläche schwarz; eine weisse Fläche, von der ein schwarzer Punkt auf den blinden Fleck fällt, erscheint ganz weiss, eine Seite Druckschrift durchweg grau etc. So werden auch der Wahrscheinlichkeit gemäss ersetzt: Theile eines Kreises, mittlere Theile einer langen Linie, das Mittelstück eines Kreuzes. — Solche Bilder jedoch, die sich aus der Wahrscheinlichkeit nicht reconstruiren lassen, werden auch nicht ergänzt, z. B. nicht das Ende einer gezogenen Linie, oder ein menschliches Antlitz. — In anderen Fällen wirkt zur Ausfüllung der Lücke eine Erscheinung mit, welche man als Contraction des Gesichtsfeldes bezeichnet hat. Dieselbe wird klar, wenn man von den 9 nebenstehenden Buchstaben e verschwinden lässt: man sieht dann nicht mehr die drei Buchstaben jeder Seite in gerader Linie, sondern b, f, h, d sind gegen e hin herangezogen. So scheinen die benachbarten Theile des Gesichtsfeldes sich ringsum über das Gebiet des blinden Fleckes hin auszudehnen und dasselbe ersetzen zu helfen.

a	**b**	**c**
d	**(e)**	**f**
g	**h**	**i**

Die Opticusfasern sind unempfindlich.

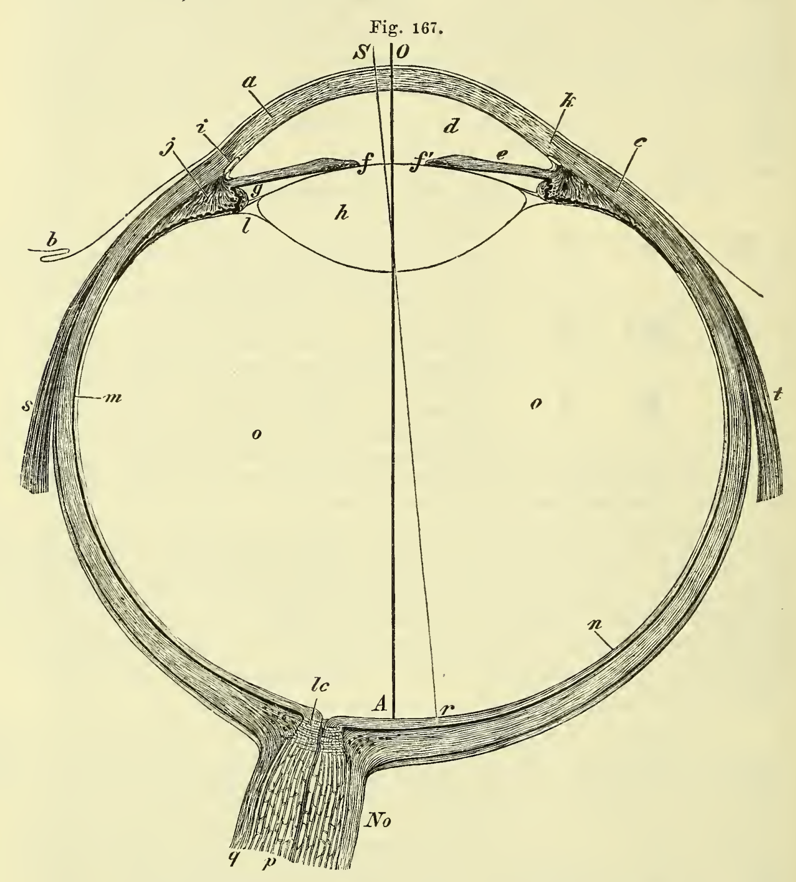
II. Die Schicht der Opticusfasern in der Netzhaut ist nicht lichtpercipirend. Der Beweis hierfür liegt darin, dass in der Fovea centralis, woselbst das schärfste Sehen möglich ist, gar keine Nervenfasern liegen. Ferner zeigt die Gefässschattenfigur, dass, da die Adern der Netzhaut hinter den Opticusfasern liegen, letztere an ihrer Perception nicht betheiligt sind.

Sehwahrnehmung durch Zapfen und Stäbchen.

III. Die Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen besitzen runde Contouren; sie stehen zwar dicht neben einander, allein es müssen (entsprechend den Zwischenräumen sich berührender Kreise) natürlich Lücken zwischen ihnen sein. Diese Lücken sind für das Licht unempfindlich. Das Netzhautbild setzt sich also zusammen, wie ein aus runden Steinchen gefügtes Mosaikbild. Der Durchmesser eines Zapfens im gelben Fleck beträgt 2—2,5 μ (M. Schultze). Fallen nun von zwei sehr dicht neben einander gezeichneten kleinen Punkten zwei Bildpunkte auf die Netzhaut, so werden diese noch isolirt wahrgenommen, wenn die beiden Bildpunkte noch auf zwei verschiedene Zapfen fallen. Es genügt demnach noch ein Abstand beider Bildpunkte auf der Netzhaut von 3—4—5,4 μ, damit beide isolirt gesehen werden können, denn dann fallen die Bilder noch auf zwei neben einander stehende Zapfen. Wird der Abstand so sehr verkleinert, dass beide Bildpunkte nur noch auf einen Zapfen fallen, oder der eine auf einen Zapfen,

der andere auf die Zwischensubstanz, so wird nur ein Bildpunkt mehr wahrgenommen. Auf den peripheren Netzhauttheilen müssen die Bildpunkte noch weiter von einander stehen, um noch isolirt wahrgenommen zu werden.

Fig. 167.



Horizontaler Durchschnitt des rechten Auges.
a Cornea, *b* Conjunctiva, *c* Sclera, *d* Vordere Kammer, enthaltend die wässerige Feuchtigkeit, *e* Iris, *ff'* Pupille, *g* Hintere Kammer, *l* Zonula Zinnii, *j* Ciliarmuskel, *k* Corneo-Scleralgrenze, *i* Schlemm'scher Canal, *m* Chorioidea. *n* Retina, *o* Glaskörper, *No* Sehnerv, *q* Nervenscheiden, *p* Nervenfibrillen, *lc* Siebplatte. — Die Linie *OA* bezeichnet die optische Axe, *Sr* die Sehaxe, *r* die Stelle der Fovea centralis.

Da die runden Endflächen der Zapfen nicht gerade unter einander liegen, sondern vielfach so, dass eine Reihe der Kreise in die Interstitien der folgenden Reihe sich einfügt, so erklärt sich, dass feinste neben einander gezogene dunkle Linien alternirende Biegungen zu haben scheinen, da die Bilder dieser alternirend bald rechts bald links auf die Zapfen fallen müssen.

Fovea centralis.

IV. Das schärfste Sehen ist durch die Fovea centralis retinae möglich, wo nur Zapfen und zwar am dichtesten neben

einander stehen; spärlicher stehen sie in den peripheren Retinabezirken, hier ist das Sehen viel weniger scharf. Man kann daraus schliessen, dass die Zapfen zum Sehen geeigneter seien, als die Stäbchen. Beim möglichst scharfen Sehen wenden wir daher unwillkürlich die Augen so, dass das Netzhautbildchen auf die Fovea centralis fällt. Diese Einstellung nennen wir „Fixiren"; der von der Fovea zu dem Objectpunkte gezogene Sehstrahl heisst die Sehaxe (Fig. 167 S r). Dieselbe bildet mit der optischen Axe des Auges (O A) (welche die Centren der sphärischen Flächen der brechenden Augenmedien verbindet) einen Winkel von nur 3,5—7°; der Schnittpunkt liegt natürlich im Knotenpunkte der Linse (pg. 783). Das Sehen mit directer Richtung der Sehaxen auf die Objectpunkte nennt man directes Sehen.

Sehaxe.

Directes Sehen.

Indirectes Sehen findet statt, wenn die Sehstrahlen von Objectpunkten auf periphere Netzhautstellen fallen. Das indirecte Sehen ist viel weniger scharf, als das directe.

Indirectes Sehen.

Zur Prüfung der Sehschärfe im directen Sehen entfernt man zwei feine, sehr dicht neben einander gezogene Linien stets mehr von dem Auge, bis beide in eine fast zu verschmelzen scheinen. Aus dem Abstande der beiden Linien von einander und der Entfernung der Zeichnung vom Auge berechnet man die Grösse des Netzhautbildchens, oder auch des entsprechenden Sehwinkels, der im Mittel zwischen 60—90 Secunden gefunden ist. — Zur Prüfung des indirecten Sehens dient das Perimeter von Aubert und Förster. Das Auge befindet sich einem Fixirpunkt gegenüber, von welchem aus ein Halbkreis so ausgeht, dass das Auge im Centrum desselben liegt. Da der Halbkreis im Fixirpunkt drehbar ist, so lässt sich durch Drehen desselben die Oberfläche einer Halbkugel umschreiben, in deren Centrum das Auge ist. Es werden nun vom Fixirpunkt ausgehend Objecte an dem Halbkreis immer weiter gegen die Peripherie des Gesichtsfeldes verschoben, wobei die Sehschärfe für die verschiedenen Objecte festgestellt wird. Diese Prüfung wird durch entsprechende Stellung des Bogens der Reihe nach für die verschiedenen Meridiane des Gesichtsfeldes vorgenommen. Je weiter vom Fixirpunkt nach dem Ende des Bogens man zwei Punkte neben einander anbringt, um so weiter kann man sie von einander entfernen, ohne dass sie in einen verschmelzen. Das Unterscheidungsvermögen für verschiedene Farben nimmt auf der Peripherie der Netzhaut schneller ab (sie ist leicht rothblind), als das für die Helligkeitsunterschiede. Die Abnahme ist überdies im verticalen Meridian des Auges stärker, als im horizontalen, sie nimmt ferner mit der Entfernung vom Fixirpunkt ab (Aubert und Förster). Die genannten Forscher fanden ferner die merkwürdige Thatsache, dass bei der Accommodation für die Ferne die Abnahme der Unterscheidungsfähigkeit nach der Peripherie schneller erfolgt, als beim Nahesehen!

Prüfung der Sehschärfe für directes Sehen.

Prüfung für indirectes Sehen: das Perimeter.

V. Nur den Stäbchen und Zapfen kommt die „specifische Energie" zu (Joh. Müller), durch die Schwingungen des Lichtäthers in die Thätigkeiten versetzt zu werden, welche wir Sehen nennen. Gleichwohl können auch mechanische und elektrische Reizungen, im ganzen Verlauf des nervösen Apparates angebracht, Lichterscheinungen hervorbringen. Der mechanische Reiz ist eine intensivere Reizung, als die Erregung durch die Lichtstrahlen, was sich daraus ergibt, dass bei Ausführung der dunklen Druckfigur bei geöffnetem Auge (pg. 801, 5, a), wodurch die Circulation der Netzhaut behindert wird

Heterologe Netzhautreize.

(Donders), im Bereiche derselben das Sehen äusserer Objecte, welche gleichmässig dauernd die Netzhaut treffen, nicht mehr statthat.

Dauer der Netzhauterregung.

VI. Die Dauer der Netzhauterregung kann äusserst kurz sein, da schon der elektrische Funke (von nur 0,000000868 Secunden Dauer) wahrgenommen wird. Doch ist im Allgemeinen zur Wahrnehmung eine um so geringere Zeit nöthig, je grösser und je heller die Objecte sind. Die abwechselnde Lichtreizung 17—18mal in einer Secunde wird am intensivsten empfunden (Brücke). — Weiterhin wird noch eine Zu- oder Abnahme von 0,01 Theil der Lichtstärke wahrgenommen. Für die Wahrnehmung von Gelb genügt ferner eine kürzere Zeit, als für die von Violett und Roth (Vierordt). — Längeres Verweilen im Dunkeln, also auch die Nachtruhe, macht die Netzhaut für Lichteinwirkung empfindlicher. Hat die Lichtreizung längere Dauer und starke Intensität, so tritt Ermüdung der Netzhaut ein, und zwar eher im Centrum derselben, als in der Peripherie (Aubert). Sie hat anfangs einen schnelleren Verlauf, als später; am Morgen zeigt sie sich am auffälligsten (A. Fick und C. F. Müller).

Das Sehroth.

VII. Ueber die Art und Weise, wie das Licht auf die Endapparate der Netzhaut einwirkt, sei auf das schon besprochene „Sehroth" (Boll, Kühne) pg. 773 hingewiesen. Kühne zeigte, dass durch die Beleuchtung der Netzhaut sich auf dieser wirkliche dauernde Bilder erzeugen lassen, (z. B. das Bild eines Fensters), die allmählich wieder verschwinden. Es würde sich so die Netzhaut gewissermassen der empfindlichen Platte des photographischen Apparates ähnlich verhalten, und es wäre so an eine chemische Wirkung des Lichtes bei der Lichtempfindung zu denken, wie schon frühere Forscher vermuthet hatten.

Das Sehroth wird von dem pigmentirten Epithel der Netzhaut durch eine Art Secretion an die Stäbchen abgegeben. Eine gebleichte Netzhaut kann wieder das Sehroth aufnehmen, wenn sie an eine lebende Pigmentepithelschicht gelagert wird. Die Netzhaut der Säuger bleicht durch Licht gegen 60mal schneller, als die des Frosches. Im fixirten Kaninchenauge mit Atropinmydriasis erzielten Ewald und Kühne von hellen 24 Cmtr. entfernten Objecten scharfe Optogramme in $1^1/_4$—$1^1/_2$ Minuten; 4procentige Alaunlösung fixirt das Bild. Das Sehroth widersteht allen Oxydationsmitteln; Chlorzink, Essigsäure, Sublimat verwandeln es in eine gelbe Substanz, weiss wird es allein durch das Licht. Temperaturen über 52^0 zersetzen es.

Pathologisches.

VIII. Zerstörungen der Stäbchen oder Zapfen der Netzhaut bewirken entsprechende dunkle Stelle des Gesichtsfeldes.

398. Wahrnehmung der Farben.

Vorbemerke. Die Schwingungen des Lichtäthers werden nur innerhalb bestimmter Grenzen von der Netzhaut wahrgenommen. Lässt man ein Bündel weissen Lichtes, z. B. der Sonne, durch ein Prisma hindurchgehen, so werden die Strahlen desselben gebrochen und in das „prismatische Spectrum“ zerlegt. Das weisse Licht enthält Strahlen von sehr verschiedener Wellenlänge oder Schwingungszahl. Am wenigsten stark gebrochen werden die dunklen Wärmestrahlen, deren Wellenlänge 0,00194 Mm. beträgt (Fizeau); sie wirken nicht auf die Netzhaut ein, sind also unsichtbar (doch wirken sie bekanntermassen auf sensible Nerven). Von diesen Strahlen werden gegen 90% von den Augenmedien absorbirt (Brücke und Knobloch, Cima, Jansen). Von der Frauenhofer'schen Linie A an (pg. 39) erregen die Oscillationen des Lichtäthers die Netzhaut und zwar treten der Reihe nach auf: Roth mit 481 Billionen Schwingungen in einer Secunde, Orange mit 532, Gelb mit 563, Grün mit 607, Blau mit 653, Indigo mit 676 und Violett mit 764 Billionen Schwingungen in einer Secunde. Die Empfindung der Farben hängt also von der Schwingungszahl des Lichtäthers ab (ähnlich wie die Höhe eines Tones von der Schwingungszahl des tönenden Körpers) (Newton 1704, Hartley 1772). Jenseits des Violetten liegen im Spectrum die chemisch wirksamen Lichtstrahlen. Doch gelingt es nach Abblendung des ganzen Spectrums mit Einschluss des Violetten noch die ultravioletten Strahlen mit schwacher graublauer Farbe zu erkennen (Helmholtz). Die in dem farbigen Spectraltheile liegenden Wärmestrahlen werden seitens der Augenmedien etwa in derselben Weise durchgelassen wie vom Wasser (Franz). Am leichtesten weist man die ultravioletten Strahlen durch das Phänomen der Fluorescenz nach: beleuchtete nämlich Helmholtz mit dem ultravioletten Lichte eine Lösung schwefelsauren Chinins, so sah er von allen Punkten der Lösung, welche von den ultravioletten Strahlen getroffen waren, ein bläulichweisses Licht ausgehen. Da nun die Augenmedien selbst die Erscheinung der Fluorescenz zeigen (Helmholtz, Setschenow), so werden sie die Wahrnehmbarkeit jener durch die Netzhaut vergrössern. Die ultravioletten werden durch die Augenmedien nicht besonders stark absorbirt (Brücke, Donders).

Prismatisches Spectrum. *Dunkle Wärmestrahlen.* *Farbiger Theil des Spectrums.* *Ultraviolette Strahlen.*

Intensität des Lichteindruckes. Während also somit Licht von verschiedener Schwingungsdauer im Auge die Empfindung der verschiedenen Farben erregt, bedingt die Schwingungsamplitude (Höhe der Wellen) die Intensität des Lichteindruckes (sowie die Stärke eines Tones von der Schwingungsamplitude des tönenden Körpers abhängt). Das Sonnenlicht enthält sämmtliche Farben in sich vereinigt, deren gleichzeitigen Eindruck auf die Netzhaut wir mit der Empfindung weiss bezeichnen. [Werden die durch ein Prisma zerlegten Spectralfarben wieder gesammelt, so erhält man wieder weisses Licht.] Wird die Netzhaut gar nicht getroffen von den Schwingungen des Lichtäthers, so fehlt jede Licht- und Farbenempfindung, was wir jedoch nicht mit schwarz bezeichnen dürfen. Es ist eben das Fehlen der Empfindung, wie es z. B. auch der Fall ist, wenn ein Lichtstrahl etwa auf die Rückenhaut fällt. Diese hat ja nicht die Empfindung von Schwarz, sondern sie hat eben gar keine Lichtempfindung.

Einfache Farben. Man unterscheidet einfache Farben, z. B. die des Spectrums; zum Empfinden derselben muss die Netzhaut durch eine ganz bestimmte Zahl von Oscillationen in Schwingung versetzt werden (siehe oben). — Ferner unterscheidet man *Mischfarben.* Mischfarben, deren Empfindung hervorgerufen wird, wenn die Retina gleichzeitig oder in schneller Abwechslung durch die Oscillationen zweier oder mehrerer einfacher Farben erregt wird. Die complicirteste Mischfarbe ist Weiss, welche sich aus allen einfachen Farben des Spectrums zusammensetzt. — *Complementärfarben.* Besonders beachtenswerth sind endlich die Complementärfarben, unter denen man je zwei Farben versteht, welche

beide zusammengemischt Weiss geben. Nur der einheitlichen Uebersichtlichkeit wegen sollen hier schon die Contrastfarben erwähnt werden, welche den Complementärfarben sehr nahe stehen. Diese sind je zwei Farben, welche gemischt sich ergänzen zu dem allemal herrschenden hellen Tone der Beleuchtung; bei blauem Tageshimmel müssen die zwei Contrastfarben also Bläulichweiss, bei heller Gasbeleuchtung müssen sie Gelbweiss geben, bei rein weisser Beleuchtung fallen natürlich Complementärfarben und Contrastfarben zusammen (Brücke).

Contrastfarben.

Methoden für die Farbenmischung.

Die Methoden, verschiedene Farben zu vermischen und die Wirkung des so zusammengesetzten Lichtes auf das Auge zu prüfen, sind folgende: 1. Man entwirft zwei Sonnenspectra und lenkt die zu mischenden Farben beider so, dass sie sich auf einem Schirme decken. — 2. Man blickt schräg durch eine senkrecht stehende Glastafel auf eine dahinter liegende Farbe. Eine andere liegt vor der Scheibe so, dass durch Reflexion ihr Bild ebenfalls in das Auge des Beobachters tritt. So gelangt in das Auge desselben gleichzeitig von der Glastafel durchgelassenes Licht der einen und reflectirtes Licht der anderen Farbe (Helmholtz). — 3. Man lässt auf dem Farbenkreisel schnell Scheiben rotiren mit verschiedenfarbigen Sectoren. Bei schneller Drehung vermischen sich die Eindrücke der einzelnen Farben zu der Mischfarbe. — 4. Man setzt vor die kleinen Löcher des Kartenblattes beim Scheiner'schen Versuch (pg. 790, Fig. 758) je zwei verschiedene farbige Gläser: Die durch Löcher hindurchgehenden farbigen Lichtstrahlen vereinigen sich auf dem Netzhautpunkte zur Erzeugung der Mischfarbe (Czermak).

Complementäre Spectralfarben.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass folgende Spectralfarben complementäre sind, d. h. dass sie zusammen zu je zweien Weiss geben: Roth + Grünblau; Orange + Cyanblau; Gelb + Indigoblau; Grüngelb + Violett. — Grün hat die zusammengesetzte Complementärfarbe Purpur (Helmholtz).

Mischfarben.

Sämmtliche Mischfarben ersieht man aus folgender Tabelle. An der Spitze der verticalen und horizontalen Columnen stehen die einfachen Farben, wo sich die betreffende verticale und horizontale Columne schneidet, liegt die Mischfarbe

	Violett	Indigo	Cyanblau	Blaugrün	Grün	Grüngelb	Gelb
Roth	Purpur	dk. Rosa	wss. Rosa	Weiss	wss. Gelb	Goldgelb	Orange
Orange	dk. Rosa	wss. Rosa	Weiss	wss. Gelb	Gelb	Gelb	—
Gelb	wss. Rosa	Weiss	wss. Grün	wss. Grün	Grüngelb	—	—
Grüngelb	Weiss	wss. Grün	wss. Grün	Grün	—	—	—
Grün	wss. blau	Wasserblau	Blaugrün	—	—	—	—
Blaugün	Wasserblau	Wasserblau	—	—	—	—	—
Cyanblau	Indigo	—	—	—	—	—	—

dk. = dunkel; — wss. = weisslich.

Allgemeine Resultate der Farbenmischungen.

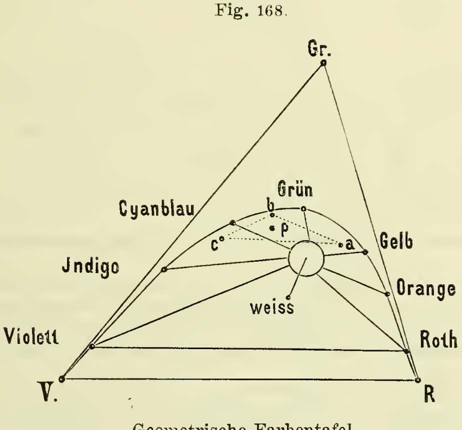
Die Beobachtungen über die Farbenmischungen haben nun zu folgenden Resultaten geführt: 1. Werden zwei einfache aber nicht complementäre Spectralfarben mit einander gemischt, so erzeugen sie eine Farbenempfindung, die sich reproduciren lässt durch eine zwischen den beiden Farben im Spectrum liegende Farbe, der ein gewisses Quantum Weiss zugemischt ist. — Daher lässt sich jeder beliebige Mischfarbeneindruck erzeugen durch eine Spectralfarbe + Weiss (Grassmann). — 2. Je weniger Weiss die Farben enthalten, um so „gesättigter“ sind dieselben, je mehr Weiss sie enthalten, um so unge-

sättigter erscheinen sie. Mit der Intensität der Beleuchtung einer Farbe nimmt ihr Gesättigtsein ab.

Die geometrische Farbentafel und die Bestimmung der Mischfarben durch dieselbe.

Schon seit Newton hat man sich bemüht, aus den über die Farbmischung gezogenen Erfahrungen eine sogenannte „geometrische Farbentafel" zu construiren, an welcher sodann nach dem Princip der Schwerpunktconstructionen die Mischfarbe leicht gefunden werden kann. Die nachstehende Figur gibt die Farbentafel: in der Mitte befindet sich Weiss, und von hier bis zu jedem Punkte in der Curve, welche mit den Namen der Farben bezeichnet sind, denke man sich jede Farbe in der Weise aufgetragen, dass vom Weiss aus zuerst der hellste Ton, dann stets gesättigtere Töne folgen, bis endlich in dem durch den Namen der Farbe bezeichneten Punkte der Curve die reine gesättigte Spectralfarbe liegt. Zwischen Violett und Roth ist die Mischfarbe beider, nämlich Purpur eingetragen. Will man nun die Mischfarbe zweier

Fig. 168.



Geometrische Farbentafel.

Spectralfarben nach dieser Farbentafel suchen, so verbinde man die Punkte dieser Farben durch eine gerade Linie; in die beiden die Farben bezeichnenden Punkte der Curve denke man sich ferner Gewichte hineingelegt, welche den Einheiten der Intensitäten dieser Farben entsprechen, dann gibt die Lage des in der Verbindungslinie liegenden Schwerpunktes beider den Ort der Mischfarbe in der Farbentafel an. Die Mischfarbe zweier Spectralfarben liegt auf der Farbentafel stets in der die beiden Farbenpunkte verbindenden geraden Linie; man erkennt ferner leicht, dass der Mischeindruck einer zwischenliegenden Spectralfarbe entspricht mit Weiss gemischt.

Bestimmung der Complementärfarbe.

Die zu einer Spectralfarbe gehörige Complementärfarbe wird sofort gefunden, wenn man von dem Punkte dieser Farbe durch Weiss hindurch eine Linie zieht, bis sie den gegenüberliegenden Rand der Farbentafel schneidet: der Schnittpunkt gibt die Complementärfarbe an. Soll aus zwei Complementärfarben reines Weiss gemischt werden, so muss jene besonders stark vertreten sein, welche auf der verbindenden Linie dem Weiss am nächsten liegt, denn nur dann würde im Punkte Weiss der Schwerpunkt der die beiden Complementären verbindenden Linie liegen.

Bestimmung der Mischfarbe aus mehreren Farben.

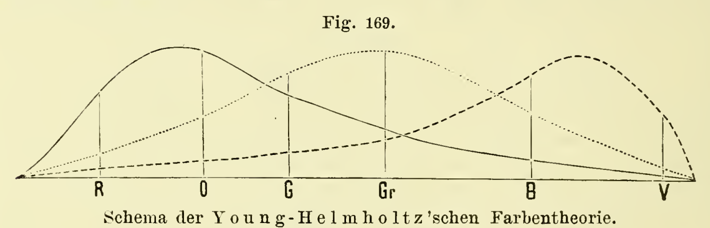
Die Farbentafel gestattet aber auch ferner noch die Auffindung der Mischfarbe zwischen drei und mehreren Farben. Es seien z. B. die durch die Punkte a (Blassgelb), b (ziemlich gesättigt Grünblau) und c (ziemlich gesättigt Blau) gegebenen Farben zur Mischung bestimmt. Man lege in die drei Punkte Gewichte, die den Intensitäten derselben entsprechen und suche den Schwerpunkt des Dreieckes a b c; derselbe wird bei p liegen. Man

sieht aber leicht, dass dieser Mischeindruck weisslich Grünblau auch allein aus der Farbe Grünblau + Weiss hervorgebracht werden kann (laut Satz 1.), denn p kann ja ebenso gut der Schwerpunkt zweier Gewichte sein, die an der Linie vom Weiss zum Grünblau liegt.

Bestimmung der Mischfarben aus den 3 Grundfarben.

Man kann nun noch um die Farbentafel herum ein Dreieck V Gr R beschreiben, welches dieselbe völlig einschliesst. Als die drei Grundfarben liegen in den Ecken dieses Dreieckes Roth, Grün, Violett. Es ist nun leicht einzusehen, dass jeder der farbigen Eindrücke, d. h. jeder beliebige Punkt der Farbentafel sich finden lässt, wenn man in die Ecken des Dreieckes den Intensitäten der Grundfarben entsprechend Gewichte hineinlegt, so dass der Punkt der Farbentafel, also die gesuchte Mischfarbe der Schwerpunkt des so an den drei Ecken belasteten Dreieckes ist. Den Gewichten entsprechend muss die Intensität der drei Grundfarben in der Mischung zur Erzeugung der Mischfarbe vertreten sein.

Fig. 169.



Schema der Young-Helmholtz'schen Farbentheorie.

Theorien der Farbenwahrnehmung.

Zur Erklärung der Farbenwahrnehmung hat man verschiedene Theorien aufgestellt.

1. Nach der einen Theorie soll die Farbenempfindung daher herrühren, dass die nur einheitlich vorhandenen Elemente der Netzhaut von dem verschiedenfarbigen Lichte (Oscillationen des Lichtäthers von verschiedener Wellenlänge, Schwingungszahl und Brechungsverhältniss) in verschiedener Art erregt werden.

Young-Helmholtz-sche Theorie.

2. Die Theorie von Thom. Young (1807) und Helmholtz (1852) nimmt in der Netzhaut drei verschiedene, den Grundfarben entsprechende, terminale Netzhautelemente an: Reizung der ersten Art bewirkt die Empfindung von Roth, Reizung der zweiten die des Grün, Reizung der dritten die des Violett. Die rothempfindenden Elemente werden am stärksten erregt von dem Lichte grösster Wellenlänge (rothe Strahlen), die grünempfindenden von dem Lichte mittlerer Wellenlänge (grüne Strahlen), die violettempfindenden von dem Lichte kleinster Wellenlänge (violette Strahlen). Es ist indessen hierbei nicht ausgeschlossen, muss vielmehr zur Erklärung einer Reihe von Erscheinungen angenommen werden, dass jede Spectralfarbe alle Arten von Fasern erregt, aber die einen schwach, die anderen stark! Denken wir uns in Fig. 169 in horizontaler Richtung die Spectralfarben in ihrer natürlichen Reihenfolge aufgetragen (von Roth bis Violett), so können die drei durch einander gezeichneten Curven etwa die Erregungsstärke der drei Arten von Netzhautelementen darstellen: Die ausgezogene Curve die der rothempfindenden, die punktirte die der grünempfindenden und die gestrichelte die der violettempfindenden. Das einfache Roth erregt stark die rothempfindenden, schwach die beiden anderen Arten (ausgedrückt durch die in R errichteten Ordinatenhöhen): Empfindung roth. — Das einfache Gelb erregt mässig stark die roth- und grünempfindenden, schwächer die violetten: Empfindung gelb. — Das einfache Grün erregt stark die grünempfindenden, viel schwächer die beiden anderen Arten: Empfindung grün. — Das einfache Blau erregt mässig stark die grün- und violettempfindenden, schwach die rothen: Empfindung blau. — Das einfache Violett erregt stark die gleichnamigen, schwach die andern: Empfindung violett. — Erregung je zweier Elemente gibt den Eindruck der Mischfarbe; die Reizung aller von ziemlich gleicher Stärke gibt die Empfindung von Weiss. Diese Annahme der Young-Helmholtz'schen Theorie gibt in

der That eine einfache und klare Uebersicht und Erklärung aller Erscheinungen der physiologischen Farbenlehre. Die Theorie ist eine weitere Ausbildung der Lehre Joh. Müller's über die specifische Energie der Nervenfasern. Man hat nun weiterhin die Befunde im Baue der Netzhaut dieser Theorie angepasst. Hiernach sollen nur die Zapfen die farbenpercipirenden Endapparate sein (Max Schultze). Durch die Längsstreifung ihres Aussengliedes sollen sie sich als Multipla terminaler Endapparate erweisen. Der Grad des Farbenempfindungsvermögens der Netzhaut steht dann im Verhältniss zur Zahl der Zapfen: es ist am höchsten entwickelt in der Macula lutea, die nur Zapfen hat, viel geringer mit zunehmender Entfernung von derselben, um sich endlich an der Peripherie der Netzhaut zu verlieren. — Den Stäbchen der Netzhaut wird nur das Unterscheidungsvermögen quantitativer Lichteinwirkung zugesprochen.

Hering's Theorie der Licht- und Farbenempfindung.

3. Hering geht bei der Erklärung der Sehempfindung von dem obersten Grundsatze aus: das was uns als Gesichtsempfindung zum Bewusstsein kommt, ist der psychische Ausdruck für den Stoffwechsel in der Sehsubstanz (d. h. in derjenigen Nervenmasse, welche beim Sehen in Erregung versetzt wird). Diese Substanz fällt, wie jede andere Körpermaterie, während der Thätigkeit dem Stoffwechsel, der Zersetzung, der „Dissimilirung" anheim; späterhin in der Ruhe muss sie sich wieder ersetzen oder „assimiliren". Zunächst für die Wahrnehmung von Weiss (hell) und Schwarz (dunkel) nimmt nun Hering zwei verschiedene Qualitäten des chemischen Vorganges in der Sehsubstanz an, so nämlich, dass der Empfindung des Weissen oder Hellen die Dissimilirung (Umsatz), der Empfindung des Schwarzen (Dunklen) die Assimilirung (Ersatz) der Sehsubstanz entspricht. Demgemäss entsprechen den verschiedenen Verhältnissen der Deutlichkeit oder Intensität, mit welcher jene beiden Empfindungen in den einzelnen Uebergängen zwischen reinem Weiss und tiefstem Schwarz hervortreten, oder den Verhältnissen, in denen sie gemischt erscheinen (Grau), dieselben Verhältnisse der Intensitäten jener beiden psychophysischen Processe. Es sind also Verbrauch und Wiederersatz von Materie in der Sehsubstanz die ursächlichen Processe der Weiss- und Schwarzempfindung. Der Verbrauch der Sehsubstanz bei der Weissempfindung geschieht durch die schwingenden Aetherwellen als auslösenden Reiz, der Grad der Helligkeitsempfindung ist proportional der Menge der verbrauchten Materie. Der Wiederersatz löst die Schwarzempfindung aus; je intensiver dieser erfolgt, um so tiefer ist die Schwarzempfindung. — Der Verbrauch der Sehsubstanz an einer Stelle ruft in der Nachbarschaft stärkeren Ersatz hervor: Beide Processe beeinflussen sich demgemäss gleichzeitig und neben einander. So ist die Erscheinung des Contrastes (siehe unten) physiologisch erklärt, für welche die ältere Anschauung nur psychische Interpretation bieten konnte.

Ganz analog werden nun für die Farbenwahrnehmung eine Empfindung des Umsatzes (Dissimilirung) und eine der Anbildung (Assimilirung) angenommen: neben Weiss ist Roth und Gelb der Ausdruck der Umsetzung, hingegen Grün und Blau die Empfindung des Ersatzes; es ist also die Sehsubstanz in dreifach verschiedener Weise der chemischen Veränderung oder des Stoffwechsels fähig. So lassen sich die farbigen Contrasterscheinungen, die complementären Nachbilder erklären. — Die schwarz-weisse Empfindung kann ferner mit allen Farben zugleich eintreten, sie tönt daher bei jeder Farbenempfindung als dunkel oder hell mit durch, daher wir dann auch absolut reine Farben nicht besitzen. — Es gibt also drei verschiedene Bestandtheile der Sehsubstanz: die schwarzweiss (farblos) empfindende, die blaugelb und die rothgrün empfindende. — Alle Strahlen des sichtbaren Spectrums wirken dissimilirend auf die schwarzweisse Substanz, aber die verschiedenen Strahlen in verschiedenem Grade. Auf die blaugelbe oder die rothgrüne Substanz dagegen wirken nur gewisse Strahlen dissimilirend, gewisse andere assimilirend und gewisse Strahlen gar nicht. Gemischtes Licht erscheint farblos, wenn es sowohl für die blaugelbe als auch für die rothgrüne Substanz ein gleich starkes Dissimilirungs- und Assimilirungsmoment setzt, weil dann beide Momente sich gegenseitig aufheben und die Wirkung auf die schwarzweisse Substanz rein hervortritt. Zwei objective Lichtarten, welche zusammen Weiss geben, sind

also nicht als complementäre, sondern als antagonistische Lichtarten zu bezeichnen, denn sie ergänzen sich nicht zu Weiss, sondern lassen dieses nur rein hervortreten, weil sie als Antagonisten sich gegenseitig ihre Wirkung unmöglich machen.

Die Schwäche der Young-Helmholtz'schen Farbentheorie liegt darin, dass diese nur eine Art der Erregbarkeit, Erregung und Ermüdung annimmt (der Hering'schen Dissimilation entsprechend) und dass sie das antagonistische Verhalten gewisser Lichtstrahlen zum Sehorgan verkennt; daher sie das Weiss aus complementären Lichtstrahlen nicht dadurch entstehen lässt, dass sie sich in ihrer Wirkung auf die farbigen Sehsubstanzen aufheben, sondern dadurch, dass sie sich zu Weiss ergänzen (Hering).

Wendet man diese Theorie auf die Farbenblindheit (siehe unten) an, so muss angenommen werden, dass dem Rothblinden die rothgrüne Sehsubstanz fehlt; in seinem Sonnenspectrum liegen nur zwei Partialspectren: das schwarzweisse und das gelbblaue. Die Stelle des Grün erscheint ihm farblos und er theilt sein Spectrum in eine gelbe und eine blaue Hälfte (Hering).

399. Farbenblindheit; praktische Bedeutung derselben.

Wesen der Farbenblindheit.

Im Anschluss an die Young-Helmholtz'sche Theorie über die Farbenempfindung soll hier die Farbenblindheit besprochen werden. Man versteht darunter einen pathologischen Zustand, der darauf beruht, dass die mit demselben behafteten Individuen gewisse Farben nicht wahrzunehmen vermögen. Schon Huddart (1777) bekannt, wurde die Farbenblindheit zuerst genauer vom Physiker Dalton, der selbst rothblind war, beschrieben (1794); die Bezeichnung Farbenblindheit „Colourblindness" rührt von Brewster her.

Arten der Farbenblindheit.

Es gibt 3 Arten von Farbenblindheit, entsprechend den 3 Arten der farbenpercipirenden Retina-Elemente. Eine jede besteht darin, dass eine Art dieser Elemente unthätig ist. So entstehen 1. die Rothblindheit (Daltonismus, Anerythropsie), — 2. die Grünblindheit und — 3. die Violettblindheit. — Denken wir uns in Figur 169 die Curve der Rothempfindung ausgelöscht, so ergibt der Anblick, welcher Art die Farbenempfindungen des

Charakter der Rothblindheit.

Rothblinden sein müssen: „Das spectrale Roth, welches nur schwach die grünempfindenden, fast gar nicht die violettempfindenden Nerven zu erregen scheint, müsste ihnen demnach als gesättigtes lichtschwaches Grün erscheinen, und zwar gesättigter, als uns das wirkliche Grün des Spectrums erscheint, dem schon merkliche Mengen der anderen Farben beigemischt sein müssen. Lichtschwaches Roth, welches die rothempfindenden Nerven der normalen Augen noch genügend erregt, erregt dagegen ihre grünempfindenden Nerven nicht mehr genügend und erscheint ihnen deshalb schwarz. Spectrales Gelb wird als lichtstarkes gesättigtes Grün erscheinen, und da es eben die lichtstärkere und gesättigte Abstufung dieser Farbe bildet, erscheint es erklärlich, dass danach die Rothblinden den Namen der Farbe wählen und alle eigentlich grünen Töne gelb nennen. Grün wird schon im Vergleich zu der vorigen eine Einmischung von der anderen Grundfarbe zeigen, also eine zwar lichtstärkere aber weissliche Abstufung derselben Farbe sein, wie Roth und Gelb. Die grösste Lichtintensität des Spectrums erscheint den Rothblinden nicht wie im normalen Auge im Gelb, sondern im Grünblau. In der That, wenn die Erregung der grünempfindenden Nerven im Grün am stärksten ist, wird für die Rothblinden das Maximum der gesammten Erregung etwas nach der Seite des Blau fallen, weil hier die Erregung der violettempfindenden Nerven steigt. Weiss im Sinne des Rothblinden ist natürlich eine Mischung ihrer beiden Grundfarben in einem bestimmten Verhältniss, welche uns grünblau erscheint, daher sie denn auch die Uebergangsstufen im Spectrum von Grün zu Blau für graue Farben erklären. Weiter im Spectrum gewinnt die zweite Grundfarbe das Uebergewicht, die sie blau nennen, weil das Indigoblau, wenn auch in ihrem Sinne noch etwas weisslich, noch durch seine Lichtstärke ihnen ein mehr in die Augen fallender Repräsentant

dieser Farbe sein wird, als das Violett" (Helmholtz). — Der Grünblinde besitzt nur zwei Fundamentalfarben Roth und Violett; — der Violettblinde nur Roth und Grün. Bei Intoxication mit Santonin tritt Violettblindheit (Gelbsehen) ein in Folge einer Lähmung der violettempfindenden Retina-Elemente (der nicht selten eine Reizung unter Violettsehen voraufgeht) (Hüfner). [Max Schultze bezieht jedoch das Gelbsehen hier auf eine Vermehrung des gelben Farbstoffes in der Macula lutea.] Denken wir uns in Figur 169 die entsprechenden Curven der Grünerregung und Violetterregung weggenommen, so kann man sich (ähnlich wie ausführlich für die Rothblindheit beschrieben) die spectralen Empfindungen dieser beiden Arten Farbenblinder combiniren. — Sind zwei Grundelemente der Netzhaut gelähmt, so existirt eigentlich gar kein Unterscheidungsvermögen für Farben mehr, es werden nur noch verschiedene Grade der Lichtintensität in einer Farbennüance, zu welcher jede andere Farbenvergleichung fehlt, wahrgenommen. — Das Fehlen aller drei Grundelemente verursacht selbstverständlich völlige Blindheit.

Grünblindheit und Violettblindheit.

Totale Farbenblindheit.

Holmgren fand 2,7% Farbenblinde, darunter vornehmlich Roth- und Grünblinde, sehr selten Violettblinde. Es kommt auch oft unvollständige Farbenblindheit vor, wenn die betreffenden Elemente nicht total gelähmt, sondern nur functionell geschwächt (paretisch) sind. Mangelhafter Farbensinn müsste auch vorhanden sein, wenn alle Retina-Elemente auf dieselbe Farbe mehr gleichmässig reagirten (Holmgren).

Unvollständige Farbenblindheit.

Die Untersuchungen über das Farbenperceptionsvermögen der normalen Netzhaut, am besten mittelst Aubert-Förster's Perimeter angestellt, hat nun die überraschende Thatsache geliefert, dass wir vollständige Farbenperception nur in der Mitte des Gesichtsfeldes besitzen. Um diese liegt eine mittlere Zone, in welcher nur Blau und Gelb wahrgenommen wird, in welcher also Rothblindheit herrscht. Jenseits dieser Zone liegt endlich ein peripherer Gürtel, in dessen Bereiche totale Farbenblindheit herrscht. Es unterscheidet sich daher der Rothblinde von dem Normalsehenden dadurch, dass der centrale Bezirk des normalen Gesichtsfeldes ihm fehlt, dieser vielmehr von der mittleren Zone mit eingenommen wird. Das Gesichtsfeld des Grünblinden unterscheidet sich von dem Normalsichtigen, dass seine periphere Zone den intermediären und peripheren Zonen des Normalsichtigen entspricht. Der Violettblinde unterscheidet sich hiegegen dadurch, dass die normale periphere Zone ihm völlig mangelt. Die unvollständige Farbenblindheit dieser beiden Gattungen wird charakterisirt durch ein gleichmässig verkleinertes Centralfeld (Holmgren).

Grenzen der normalen Farbenblindheit.

Bei sehr grosser Kleinheit farbiger Objecte und bei kurzer Beleuchtung geht die Wahrnehmung für Roth am leichtesten dem Normalauge verloren (Aubert, Lamansky), es scheint daher, dass es zur Rothempfindung eines stärkeren Reizes bedürfe. — Hierfür spricht auch die Beobachtung Brücke's, dass sehr schnell intermittirendes weisses Licht grünlich empfunden wird, weil die kurze Dauer der Erregung die rothempfindenden Elemente der Netzhaut noch nicht zu reizen vermag.

Es ist das Verdienst von Holmgren, die Untersuchung auf Farbenblindheit vor das Forum der Sicherheitspolizei gezogen zu haben. Namentlich sollte kein Eisenbahnbeamter oder Schiffslenker angestellt werden, ohne dass er sich gründlich über die Zuverlässigkeit seines Farbensinnes documentirt hat, da ja die richtige Erkennung der Signallichter Roth und Grün keinem Farbenblinden gelingen kann.

Practische Bedeutung.

Zur Methode der Untersuchung wählt Holmgren im Anschluss an Seebeck als einfachstes Material Stickwolle und zwar je mindestens in 5 Nüancen abschattirte Bündel von Roth, Orange, Gelb, Grüngelb, Grün, Grünblau, Blau, Violett, Purpur — Rosa, Braun, Grau; womöglich habe man von den Farben mehrere differente Farbentöne zur Hand. Zur Prüfung nimmt man nun ein Gebind dieser Farbenwolle (z. B. helles Grün oder Rosa) heraus und legt es zur Seite hin und zwar dasjenige, dessen Farbe man zur Prüfung des zu Untersuchenden speciell benützen will; alsdann fordert man den Prüfling auf, diejenigen Gebinde, deren Farbe der des Musters am nächsten kommt, herauszusuchen und sie zu demselben zu legen. Nach der Art und Weise, wie sich der Betreffende dieser Aufgabe entledigt, beurtheilt man seinen Farbensinn.

Untersuchungsmethode nach Holmgren.

400. Zeitlicher Verlauf der Retina-Erregung.

Positive und negative Nachbilder. Irradiation. Simultaner Contrast.

Verlauf der Erregung.

Wie bei Reizung eines jeden nervösen Apparates, so verfliesst auch nach dem Einfall der Strahlen in das Auge eine gewisse, wenn auch sehr kurze Zeit, bis die Lichtwirkung hervortritt, sei es in Form der bewussten Empfindung, sei es in Form der Reflexauslösung auf die Iris. Die Stärke des Eindruckes wird auch hier zum Theil wesentlich von der Reizbarkeit der Netzhaut und der übrigen nervösen Theile abhängen. Dauert die Lichteinwirkung längere Zeit in gleicher Stärke an, so erfährt die Erregung, nachdem sie den Culminationspunkt erreicht hat, schnell wieder eine Abnahme, die anfangs schneller, dann successiv langsamer verläuft. — Wird die Lichterregung der Netzhaut, nachdem sie eine Zeit hindurch eingewirkt hat, plötzlich entfernt, so verharrt die Netzhaut noch eine Zeit lang im erregten Zustande und zwar um so intensiver und andauernder, je stärker und länger der Lichtreiz einwirkte, und je reizbarer die Netzhaut ist. So bleibt nach einer jeden Gesichtswahrnehmung, namentlich wenn dieselbe recht hell und scharf hervortrat, ein sogenanntes „Nachbild" zurück. Wir unterscheiden zunächst das positive Nachbild, welches darin besteht, dass dasselbe in gleichartiger Helligkeit und gleichartiger Farbe verharrt.

Nachbilder.

Positive Nachbilder.

Krankhafte Steigerung derselben.

„Dass der Eindruck irgend eines Bildes im Auge einige Zeit verharre, kennen wir als ein physiologisches Phänomen an; die allzu lange Dauer eines solchen Eindruckes hingegen kann als krankhaft angesehen werden. Je schwächer das Auge ist, desto länger bleibt das Bild in demselben. Die Retina stellt sich nicht sobald wieder her, und man kann die Wirkung als eine Art von Paralyse ansehen. Von blendenden Bildern ist es nicht zu verwundern. Wenn man in die Sonne sieht, so kann man das Bild mehrere Tage mit sich herumtragen. Das Gleiche findet auch verhältnissmässig von Bildern, welche nicht blendend sind, statt. Büsch erzählt von sich selbst, dass ihm ein Kupferstich vollkommen mit allen seinen Theilen bei 17 Minuten im Auge geblieben" (Göthe).

Versuche und Apparate für die positiven Nachbilder. Thaumatrop.

Versuche und Apparate, welche sich auf Erscheinungen der positiven Nachbilder beziehen, sind: 1. Das Erscheinen eines feurigen Reifens bei schneller Rotation einer Kohle. — 2. Das Thaumatrop von Paris: eine Papptafel enthält z. B. auf der einen Seite das Bild einer Torsostatue, auf der anderen Fläche den an entsprechenden Stellen hingezeichneten Entwurf der fehlenden Theile; lässt man die Tafel so rotiren, dass sie schnell wechselnd die Flächen dem Beobachter zukehrt, so erscheint die Statue wie unverstümmelt. — 3. Das Phänakistoskop (Plateau) oder die stroboskopischen Scheiben (Stampfer). Auf einer Scheibe oder einem Cylinder befinden sich der Reihe nach Objecte so verzeichnet, dass die Zeichnungen hinter einander einzelne Momente einer fortgesetzten Bewegung darstellen. Bei schneller Rotation sieht man durch eine Oeffnung die vor dem Auge vorbei bewegten Phasenbilder so schnell, dass das eine das vorhergehende schnell ablöst. Da der Eindruck jedes Bildes so lange anhält, bis der folgende an seine Stelle tritt, so hat es den Anschein, als mache ein und dieselbe Figur die Bewegungsphasen hinter einander continuirlich durch. Das Werkzeug, gegenwärtig als Zoëtrop ein verbreitetes Spielzeug, ist übrigens nicht, wie allgemein

Stroboskop.

angenommen wird, 1832 von den genannten Forschern entdeckt; ich finde es schon 1550 von Cardanus beschrieben. Dasselbe kann übrigens auch wissenschaftlich benutzt werden zur Darstellung gewisser Bewegungen: z. B. der Samenfäden und Flimmerzellen (Purkinje und Valentin); auch die Herz- und Gehbewegungen lassen sich so instructiv darstellen und analysiren. — 4. Der Farbenkreisel enthält in den Sectoren seiner Scheibenfläche die zu mischenden Farben eingetragen. Da die Farbe jedes Sectors für die ganze Dauer der Umdrehung eine Erregung der Netzhaut zurücklässt, so müssen alle Farben gleichzeitig, also als Mischfarbe, zur Perception kommen.

Der Farbenkreisel.

Mitunter, zumal wenn die Erregung der Netzhaut eine längere und intensivere war, entsteht statt des positiven Nachbildes das negative, welches dadurch charakteristisch ist, dass die hellen Partien des Objectes dunkel im Nachbilde erscheinen, — und die farbigen Partien in der entsprechenden Contrastfarbe (pg. 812).

Negative Nachbilder.

Beispiele negativer Nachbilder sind: nach längerem Blick auf ein grell beleuchtetes weisses Fenster empfindet man bei nunmehr geschlossenen Augen den Eindruck eines hellen Fensterkreuzes mit dunklen Scheiben. — Negative farbige Nachbilder zeigt sehr schön Nöremberg's Apparat: Man blickt längere Zeit unverwandt auf eine farbige Fläche, z. B. eine gelbe Papptafel, in deren Mitte ein kleines blaues Quadrat geklebt ist. Plötzlich fällt ein weisser Schirm vor der Tafel nieder: man sieht nun die weisse Fläche bläulich mit einem gelblichen Vierecke in der Mitte.

Beispiele.

Zur Erklärung der dunklen negativen Nachbilder wird angenommen, dass die Netzhautelemente durch das Licht so ermüdet sind, dass dieselben eine Zeit lang weniger erregbar geworden, so dass also in den betreffenden Netzhautbezirken das Licht nur schwach wahrgenommen werden kann, also Dunkelheit herrschen muss.

Erklärung der negativen Nachbilder.

Hering erklärt die dunklen Nachbilder als entstanden durch den Assimilirungsprocess der schwarzweissen Sehsubstanz. — Zur Erklärung der farbigen Nachbilder nimmt die Young-Helmholtz'sche Theorie an, dass unter der Einwirkung der Farbe, z. B. Roth, die für diese bestimmten Netzhautelemente erlahmen. Wird nun plötzlich auf Weiss gesehen, so erscheint diese Mischung aller Farben weiss, minus roth, d. h. grün (in der Contrastfarbe, die bei hellem Tageslicht der Complementären sehr nahe liegt). Nach Hering erklärt sich das Contrastfarbennachbild durch die Assimilirung der betreffenden farbigen Sehsubstanz, also in unserem Falle der „rothgrünen“ (pg. 815, 3).

Nicht selten wechseln nach intensiver Netzhauterregung positive und negative Nachbilder nach einander ab, bis sie ganz allmählich zerrinnen. Das Zerrinnen wird auch „Abklingen“ der Nachbilder genannt. So erscheinen nach einem Blick in die dunkelrothe untergehende Sonne rothe und grüne Scheiben abwechselnd.

Wechsel positiver und negativer Nachbilder, „Abklingen“ desselben.

Auf den peripheren Retinabezirken erleiden die Contrasterscheinungen wegen der hier herrschenden theilweisen Farbenblindheit einige Modificationen (Adamück und Woinow).

Als **Irradiation** pflegen wir gewisse Erscheinungen einer falschen Beurtheilung von Gesichtsempfindungen zu bezeichnen, welche bei ungenauer Accommodation eintritt. Werden nämlich bei ungenauer Accommodation die Ränder der Objecte auf der Netzhaut in Zerstreuungskreisen entworfen, so hat die Psyche die Tendenz, den unscharfen Saum demjenigen Theile des Gesichtsbildes hinzuzufügen, der am meisten im Bilde selbst hervorsticht. In dieser Beziehung erscheint einmal das Helle grösser und prävalirend vor dem Dunklen,

Wesen der Irradiation.

ebenso das Object, ohne Rücksicht auf Helligkeit oder Farbe, vor dem Hintergrunde. Bei völlig scharfer Accommodation ist die Erscheinung der Irradiation nicht vorhanden.

Beispiele.

„Ein dunkler Gegenstand erscheint kleiner, als ein heller von derselben Grösse. Man sehe zugleich eine weisse Rundung auf schwarzem, eine schwarze auf weissem Grunde, welche nach einerlei Cirkelschlag ausgeschnitten sind, in einiger Entfernung an, und wir werden die letztere etwa um ein Fünftel kleiner als die erste halten. Man mache das schwarze Bild um so viel grösser und sie werden gleich erscheinen. So bemerkte Tycho de Brahe, dass der Mond in der Conjunction (der finstere) um den fünften Theil kleiner erscheine, als in der Opposition (der volle, helle). Die erste Mondsichel scheint einer grösseren Scheibe anzugehören als der an sie angrenzenden dunklen, die man zur Zeit des Neulichtes manchmal unterscheiden kann. Schwarze Kleider machen die Personen viel schmäler aussehen, als helle. Hinter einem Rand gesehene Lichter machen in den Rand einen scheinbaren Einschnitt. Ein Lineal, hinter welchem ein Kerzenlicht hervorblickt, hat für uns eine Scharte. Die auf- und untergehende Sonne scheint einen Einschnitt in den Horizont zu machen" (Göthe).

Definition des Contrastes.

Unter **simultanem Contrast** versteht man zunächst jene Erscheinung, welche darin besteht, dass wo in einem Bilde Hell und Dunkel gleichzeitig vorhanden sind, die hellen (weissen) Partien stets um so intensiver hell erscheinen, je mehr in der Umgebung das Helle fehlt, also je dunkler dieselbe ist, und umgekehrt um so weniger hell, je mehr in der Umgebung weissliche Töne vorhanden sind. — Ferner gehört hierher die analoge Erscheinung bei farbigen Bildern. Eine Farbe erscheint uns in einem Bilde um so intensiver, je vollständiger dieselbe in ihrer Umgebung fehlt, also je mehr die Umgebung die Töne der Contrastfarbe hat. Der simultane Contrast geht so hervor aus zwei gleichzeitig neben einander bestehenden und verschiedene Netzhautstellen neben einander treffenden Eindrücken.

Beispiele des Contrastes zwischen hell und dunkel.

Beispiele des Contrastes für Hell und Dunkel sind: 1. Betrachtet man ein weisses Gitter auf schwarzem Grunde, so erscheinen die Kreuzungsstellen der weissen Linien dunkler, weil in der Umgebung dieser am wenigsten schwarz vorhanden ist. — 2. Man betrachte einen Punkt eines schmalen Streifens dunkelgrauen Papiers vor einem tiefdunklen Hintergrund. Schiebt man sodann zwischen Streifen und Hintergrund ein grosses weisses Papier, so erscheint der Streifen auf diesem Grunde viel dunkler, wie zuvor; entfernt man das weisse Papier wieder, so wird der Streifen sofort wieder heller (Hering). — 3. Ein sehr instructiver Versuch ist auch folgender. Man sehe mit beiden Augen zunächst gegen eine grauweisse Fläche, z. B. eine Zimmerdecke. Nachdem man eine Zeit lang gesehen, bringe man vor das eine Auge ein handlanges innen geschwärztes Rohr aus Pappe von etwa einem Finger Dicke im Lichten: es erscheint nun der durch das Rohr gesehene Theil der Decke als runder heller Fleck (Landois). — Beispiele des Contrastes für Farben: 1. Man legt ein graues Papierstückchen auf rothen, gelben oder blauen Grund: sofort erscheint es in der Contrastfarbe also beziehentlich grün, blau, oder gelb. Die Erscheinung ist noch deutlicher, wenn man beim Anschauen das Ganze schnell mit durchsichtigem Oelpapier überdeckt (Herm. Meyer). Unter gleichen Verhältnissen erscheint auch Druckschrift auf farbigem Grunde in der Complementären (W. v. Bezold). — 2. Eine Luftblase im stark tingirten (roth oder blau) Gesichtsfelde eines dicken Präparates erscheint in intensiver Contrastfarbe (Landois). — 3. Auf rotirender weisser Scheibe sind vier grüne Sectoren aufgeklebt, die in ihrer Mitte, einem Ringe der Scheibe entsprechend, unterbrochen sind, also hier kein Grün besitzen, sondern ein schmales Streifchen Schwarz. Bei der Rotation erscheint dieser Ring auf der Scheibe zwingend roth (nicht grau) (Brücke). — 4. Man sehe mit beiden Augen gegen eine

Beispiele des Contrastes bei Farben.

grauweisse Fläche, sodann bringt man vor das eine Auge eine fingerlange und fingerdicke Röhre aus durchsichtigem geölten bunten Papier geklebt, durch deren Wände das Licht hindurchfallen kann: alsbald erscheint der durch dieses Rohr gesehene Theil der Fläche in der Contrastfarbe. Der Versuch zeigt überdies schön den Contrast in der Intensität der Beleuchtung (Landois). — 5. Ein weisses Blatt Papier, das in der Mitte einen runden schwarzen Fleck trägt, erscheint durch ein blaues Glas gesehen blau mit schwarzem Fleck. Lässt man von vorn her einen gerade so grossen weissen Fleck auf schwarzem Grunde sich in der Tafel spiegeln, so dass er den schwarzen Fleck deckt, so erscheint er in der Contrastfarbe gelb (Ragona Scina). — 6. Auch die farbigen Schatten gehören zu dem simultanen Contrast. „Zu den farbigen Schatten gehören zwei Bedingungen, erstlich, dass das wirksame Licht auf irgend eine Art die weisse Fläche färbe, zweitens, dass ein Gegenlicht den geworfenen Schatten auf einen gewissen Grad erleuchte. Man setze bei der Dämmerung auf ein weisses Papier eine niedrig brennende Kerze; zwischen sie und das abnehmende Tageslicht stelle man einen Bleistift aufrecht, so dass der Schatten, welchen die Kerze wirft, von dem schwachen Tageslicht erhellt, aber nicht aufgehoben werden kann, und der Schatten wird im schönsten Blau erscheinen. Dass dieser Schatten blau sei, bemerkt man alsobald; aber man überzeugt sich nur durch Aufmerksamkeit, dass das weisse Papier als eine röthlich-gelbe Fläche wirkt, durch welchen Schein jene blaue Farbe im Auge gefördert wird. Einer der schönsten Fälle farbiger Schatten kann bei dem Vollmonde betrachtet werden. Der Kerzen- und Mondenschein lassen sich völlig in's Gleichgewicht bringen. Beide Schatten können gleich stark und deutlich dargestellt werden, so dass beide Farben sich vollkommen balanciren. Man setzt die Tafel dem Scheine des Vollmondes entgegen, das Kerzenlicht ein wenig an die Seite, in gehöriger Entfernung, vor die Tafel hält man einen undurchsichtigen Körper; alsdann entsteht ein doppelter Schatten, und zwar wird derjenige, den der Mond wirft und das Kerzenlicht bescheint, gewaltig rothgelb, und umgekehrt der, den das Licht wirft und der Mond bescheint, vom schönsten Blau gesehen werden. Wo beide Schatten zusammentreffen und sich zu einem vereinigen, ist er schwarz" (Goethe). — 7. „Ein anderer sehr interessanter Versuch mache den Schluss. Nimmt man eine Tafel grünen Glases von einiger Stärke und lässt darin sich Fensterstäbe spiegeln, so wird man sie doppelt sehen und zwar wird das Bild, das von der unteren Fläche des Glases kommt grün sein, das Bild hingegen, das sich von der oberen Fläche herleitet und eigentlich farblos sein sollte, wird purpurfarben erscheinen. An einem Gefäss, dessen Boden spiegelartig ist, welches man mit Wasser füllen kann, lässt sich der Versuch sehr artig anstellen, indem man bei reinem Wasser erst die farblosen Bilder zeigen und durch Färbung desselben sodann die farbigen Bilder produciren kann" (Goethe).

Farbige Schatten.

Man hat zum Theil diese Erscheinungen aus der Täuschung des Urtheiles erklären wollen: bei gleichzeitiger Einwirkung verschiedener Eindrücke täusche nämlich das Urtheil der Art, dass, wenn an einer Stelle eine Einwirkung statthabe, dass dann in der Umgebung diese möglichst wenig einwirke. Wenn also an einer Stelle der Netzhaut Helligkeit wirkt, so täusche das Urtheil eine möglichst geringe Helligkeitseinwirkung auf die benachbarten Netzhauttheile vor. Ebenso sei es mit den Farben. — Wohl richtiger werden jedoch die Erscheinungen von Hering als auf wirklichen physiologischen Vorgängen beruhend gedeutet (pg. 815). Auf partielle Reizung durch Licht reagirt nicht nur der getroffene Theil, sondern auch der umgebende Theil der Netzhaut und zwar der direct gereizte Theil durch gesteigerte Dissimilirung, die (indirect gereizte) Umgebung durch gesteigerte Assimilirung derart, dass letztere Steigerung in der unmittelbaren Nähe der beleuchteten Stelle am grössten ist und mit dem Abstande von derselben rasch abnimmt. Durch die Steigerung der Assimilirung an den nicht vom Bilde des Objectes getroffenen Stellen wird überdies für gewöhnlich verhütet, dass das zerstreute Licht wahrgenommen wird. Dadurch, dass die Steigerung der Assimilirung in unmittelbarer Nähe der beleuchteten Stelle am grössten ist, wird auch die Wahrnehmung dieses relativ starken zerstreuten Lichtes grösstentheils unmöglich gemacht (Hering).

Erklärung des Contrastes.

Sogenannter successiver Contrast. Blickt man längere Zeit auf ein dunkles oder helles Object, oder auf ein farbiges (z. B. rothes), und lässt hinterher die hiermit contrastirenden Einwirkungen auf die Netzhaut geschehen, also beziehentlich hell oder dunkel, oder die Contrastfarbe (grün), so erscheinen diese ganz besonders intensiv. Man hat diese Erscheinung auch als successiven Contrast bezeichnet. Es spielen hier offenbar die negativen Nachbilder gleichzeitig eine Rolle mit.

401. Augenbewegungen und Augenmuskeln.

Bewegungsfähigkeit des Bulbus. Der kugelförmige Bulbus ist auf dem entsprechend ausgehöhlten Fettpolster der Orbita einer ausgedehnten und freien Bewegung fähig, ähnlich dem Gelenkkopfe in der entsprechenden Pfanne einer freien Arthrodie. Die Bewegungsfähigkeit erleidet ihre Beschränkung einmal durch die Anheftung der Muskeln, und zwar in der Art, dass bei der Wirkung des einen Muskels der Antagonist desselben wie ein Zügel der Bewegung ein Ziel setzt, und ferner durch die Insertion des Opticus. Das weichelastische Polster der Orbita, auf welchem der Bulbus ruht, ist selbst der Ortsbewegung nach vorn und rückwärts fähig, so dass der Bulbus diesen Bewegungen folgen muss.

Hervortreten des Bulbus. Ein Hervortreten desselben findet statt: 1. Durch starke Füllung der Gefässe zumal der Venen im Orbitalraume, wie sie namentlich bei verhindertem Abfluss des venösen Blutes am Kopfe bei Erhängten statthat. Marey sah auch bei jedem Pulsschlage den Bulbus etwas hervortreten. — 2. Durch Contraction der glatten Muskelfasern in der Tenon'schen Kapsel (pg. 740), in der Fissura orbitalis inferior und in den Augenlidern (pg. 670), die vom N. sympathicus cervicalis innervirt werden. — 3. Durch willkürliche forcirte Oeffnung der Lidspalte, und zwar deshalb, weil der von vorn her wirkende Liddruck vermindert wird. — 4. Durch die Wirkung der Mm. obliqui, deren Zugrichtung nach innen und vorn gerichtet ist. Lässt man den Obliquus superior bei forcirt geöffneter Lidspalte wirken, so kann der Bulbus gegen 1 Mm. hervortreten. — Pathologische Prominenz der Bulbi (zumal durch 2 und 1 bewirkt) werden als Exophthalmus bezeichnet. — Umgekehrt lässt sich ein *Zurücktreten des Bulbus.* Zurücktreten des Augapfels erkennen: 1. Durch forcirtes Zusammenpressen der Lidspalte. — 2. Durch Leerheit der retrobulbären Gefässe, verminderte Succulenz oder Schwund des Gewebes der Augenhöhle. — 3. Bei Hunden hat Durchschneidung des Halssympathicus Zurücksinken des Bulbus zur Folge. — Damit nicht die 4 Recti bei ihrer Thätigkeit den Bulbus zu sehr rückwärts ziehen, ist wahrscheinlich die glatte Musculatur der Tenon'schen Kapsel antagonistisch thätig. — Manche Thiere besitzen noch einen besonderen M. retractor bulbi, z. B. Amphibien, Reptilien, viele Säuger; die Wiederkäuer haben ihn sogar in der Vierzahl.

Gleichsinnige Kopfbewegungen. Fast stets sind die Bewegungen der Augen von gleichsinnigen Bewegungen des Kopfes begleitet, am meisten beim Aufwärtssehen, weniger beim Seitwärts- und am wenigsten beim Abwärtssehen.

Die schwierigen Untersuchungen über die Augenbewegungen sind vornehmlich durch Listing, Meissner, Helmholtz, Donders, A. Fick, E. Hering gefördert werden.

Drehpunkt des Bulbus. Alle Bewegungen des Bulbus finden statt um den Drehpunkt desselben (Fig. 170 o), welcher 1,77 Mm. hinter der Mitte der Sehaxe, oder 10,957 Mm. vom Hornhautscheitel entfernt liegt (Donders). — Um nun die Bewegungen des Bulbus genauer zu präcisiren, ist es nothwendig, gewisse feste Bestimmungen zu treffen. Wir denken uns

zunächst in dem Drehpunkte drei sich rechtwinkelig schneidende Axen errichtet, nämlich: 1. Die Sehaxe (SS_1) oder sagittale Axe des Bulbus, welche den Drehpunkt mit der Fovea centralis retinae verbindet und vorwärts geradlinig bis zum Hornhautscheitel verlängert ist. — 2. Die transversale, horizontale, oder Quer-Axe (QQ_1). Die geradlinige Verlängerung der Verbindungslinie der Drehpunkte beider Augen nach aussen (natürlich rechtwinkelig zu 1). — 3. Die Höhenaxe, oder verticale Axe, senkrecht im Drehpunkte auf 1 und 2 errichtet. — Diese 3 Axen bilden ein körperliches Coordinatensystem. Wir denken uns nun weiterhin im Orbitalraume ein ganz gleiches ein für allemal feststehendes Axensystem errichtet, dessen Schnittpunkt mit dem Drehpunkte des Bulbus zusammenfällt. In der Ruhelage (Primärstellung) des Auges fallen nun zunächst die drei Axen des Bulbus völlig mit den drei Axen des Coordinatensystemes im Orbitalraume zusammen. Wird jedoch nun der Bulbus bewegt, so werden zwei, oder drei Axen sich aus dieser Congruenz herausbewegen, sie werden Winkel bilden müssen mit dem feststehenden Orbitalaxensystem.

Sehaxe. *Transversale Axe.* *Höhenaxe.* *Feststehendes Coordinatensystem in der Orbita.*

Zur weiteren Präcisirung, zum Theil auch für fernere Bestimmungen, denken wir uns sodann durch den Bulbus drei Ebenen gelegt, deren Lage allemal durch je zwei Axen gesichert ist. — 1. Die horizontale Trennungsebene schneidet den Augapfel in eine obere und eine untere Hälfte; sie ist bestimmt durch die Sehaxe und transversale Axe. In ihrem Verlauf durch die Netzhaut bildet sie deren horizontale Trennungslinie; die Häute des Bulbus selbst schneidet sie im horizontalen Meridian desselben. — 2. Die verticale Trennungsebene schneidet den Augapfel in eine innere und äussere Hälfte; sie ist bestimmt durch die Seh- und Höhen-Axe. Sie schneidet die Retina in deren verticaler Trennungslinie, die Peripherie des Bulbus in dem verticalen Meridian des Augapfels. — 3. Die Aequatorialebene schneidet den Augapfel in eine vordere und eine hintere Hälfte; ihre Lage ist bestimmt durch die Höhen- und Transversal-Axe, sie schneidet die Sclera im Aequator des Bulbus. — Die in der Fovea centralis sich schneidende horizontale und verticale Trennungslinie der Retina theilen diese in vier Quadranten.

Horizontale Trennungsebene und -Linie. *Vertikale Trennungsebene und -Linie.* *Aequatorialebene und Aequator.*

Helmholtz hat weiterhin zur Präcisirung der Augenstellungen noch folgende Bestimmungen eingeführt: er nennt Blicklinie die gerade Linie, welche den Drehpunkt des Auges mit dem fixirten Punkte der Aussenwelt verbindet. Eine durch die Blicklinien beider Augen gelegte Ebene heisst Blickebene; die Grundlinie dieser Blickebene ist die Verbindungslinie beider Drehpunkte (also die transversale Augenaxe). Denkt man sich ferner durch den Kopf eine sagittale Ebene gelegt, welche denselben in eine rechte und linke Hälfte theilt, so wird diese Ebene die Grundlinie der Blickebene halbiren und nach vorn verlängert die Blickebene in der Medianlinie derselben schneiden. — Es kann nun weiterhin der Blickpunkt des Auges: 1. gehoben oder gesenkt werden. Das Feld, welches er hiebei durch-

Blicklinie. *Blickebene.*

Blickfeld. läuft, wird Blickfeld genannt; es ist ein Theil einer Kugelfläche, in deren Centrum der Drehpunkt des Auges sich befindet. Gehen wir zunächst von der Primärstellung beider Augen aus, welche dadurch charakterisirt ist, dass die beiden Blicklinien mit einander parallel und horizontal gerichtet sind, so kann die Erhebung der Blickebene bestimmt werden durch den Winkel, den diese mit der Ebene der Primärstellung bildet. Dieser Winkel heisst der Erhebungswinkel des Blickes; man nennt ihn positiv, wenn die Blickebene (stirnwärts) gehoben, — negativ wenn sie (kinnwärts) gesenkt wird. — 2. Es kann aber auch aus der Primärstellung heraus die Blicklinie in der Blickebene seitlich, nämlich medianwärts, oder lateralwärts gewendet werden. Die Grösse dieser Seitenwendung des Blickes wird durch den Seitenwendungswinkel gemessen, d. h. durch den Winkel, den die Blicklinie mit der Medianlinie der Blickebene bildet; er wird positiv gerechnet, wenn der hintere Theil der Blicklinie nach rechts, — negativ, wenn er nach links abweicht.

Erhebungswinkel des Blickes.

Seitenwendungswinkel.

Diesen Vorbemerkungen entsprechend lassen sich nun zunächst folgende Stellungen der Augen präcisiren als das Resultat der Bewegungen.

Primärstellung des Auges.

1. Primärstellung, in welcher beide Blicklinien mit einander parallel sind und die Blickebene horizontal gerichtet ist. Es fallen demgemäss die drei Axen des Bulbus mit den drei Axen des im Orbitalraume errichteten feststehenden Coordinatensystemes zusammen. — 2. Secundärstellungen gehen nun durch einfache Bewegungen der Augen aus der Primärstellung hervor. Es gibt zwei verschiedene Arten der Secundärstellungen, nämlich: a) Die Blicklinien sind zwar parallel, aber aufwärts oder abwärts gerichtet. Die Transversalaxe beider Augen ist dieselbe geblieben, wie in der Primärstellung; die Abweichung der anderen beiden Axen wird an der der Blicklinie durch die Grösse des Erhebungswinkels des Blickes ausgedrückt (wie oben ausgeführt). — b) Die zweite Art der Secundärstellung ist hervorgebracht durch Convergenz, oder Divergenz der Blicklinien. In dieser bleiben also die Höhenaxen, um welche die Seitenwendung erfolgt, dieselben wie in der Primärstellung; — die anderen Axen bilden Winkel; die Grösse der Abweichung wird (wie oben ausgeführt) durch den Seitenwendungswinkel ausgedrückt. Das in der Primärstellung befindliche Auge kann aus dieser um 42° nach aussen, um 45° nach innen, um 34° nach oben und um 57° nach unten gewandt werden (Schuurmann). — 3. Tertiärstellung nennt man die durch die Augenbewegung erzielte Stellung, in welcher die Blicklinien convergent sind und zugleich aufwärts oder abwärts geneigt sind. Es sind somit alle 3 Augenachsen mit der Lage der Axen in der Primärstellung nicht mehr congruent. Die genaue Richtung der Blicklinien wird bestimmt durch die Grösse des Seitenwendungs- und des Erhebungswinkels. Bei den Tertiärstellungen kommt aber noch

Secundärstellungen der Augen.

Tertiärstellungen der Augen.

Raddrehung bei Tertiärstellungen.

ein sehr wichtiger Punkt in Betracht: es ist nämlich hierbei stets zugleich der Bulbus um die Blicklinie als um seine Axe rotirt (Volkmann, Hering, Donders). Da sich somit die Iris um die Blicklinie dreht, wie ein Rad um seine Axe, so nennt man diese Drehungen auch Raddrehungen des Auges, die also stets mit den Tertiärstellungen verknüpft sind. Nun kann jede schräge Bewegung zusammengesetzt gedacht werden 1. aus einer Rotation um die Höhenaxe und dann 2. um die Queraxe. Oder man führt sie zurück auf eine Rotation um eine einzige constante, zwischen besagten zwei Axen gelegene Axe, welche durch den Drehpunkt des Bulbus gehend auf der primären und der secundären Richtung der Sehaxe (Blicklinie) senkrecht steht (Listing). Die Grösse der Raddrehung wird durch den Winkel gemessen, welchen die horizontale Trennungslinie der Retina bildet mit der horizontalen Trennungslinie der Netzhaut der Augen in der Primärstellung. Dieser Winkel wird als positiver bezeichnet, wenn sich das Auge gedreht hat wie der Zeiger einer von demselben betrachteten Uhr, d. h. wenn das obere Ende der verticalen Trennungslinie der Retina nach rechts abgewichen ist.

Nach Donders wächst der Raddrehungswinkel mit dem Erhebungs- und Seitenwendungswinkel; er kann bis über 10^0 anwachsen. Bei gleich grosser Erhebung oder Senkung der Blickebene ist die Raddrehung um so stärker, je grösser die Erhebung oder Senkung der Blicklinie ist.

Beim Blick in der Tertiärstellung nach aufwärts divergiren die oberen Enden der verticalen Trennungslinien der Netzhäute, beim Blick abwärts convergiren diese. Ist die Blickebene gehoben, so macht das Auge bei Seitenwendung nach rechts eine Raddrehung nach links, und umgekehrt bei einer Seitenwendung nach links eine Raddrehung nach rechts; bei gesenkter Blickebene werden jedoch bei Wendung nach rechts oder links auch gleichsinnige Raddrehungen nach rechts oder links ausgeführt. Oder anders ausgedrückt: wenn der Erhebungs- und Seitenwendungswinkel dasselbe Vorzeichen (+ oder —) haben, dann ist die Drehung des Bulbus negativ, wenn aber jene ungleiche Vorzeichen haben, so ist die Drehung positiv. — Um die Raddrehung im eigenen Auge sichtbar zu machen, fixirt man mit einem Auge eine durch senkrechte und horizontale Linien getheilte Fläche, erregt ein positives Nachbild und führt das Auge schnell in eine Tertiärstellung über. Es bilden dann die Linien des Nachbildes Winkel mit den Linien des Hintergrundes. — Da von ärztlicher Seite die Stellung des verticalen Augenmeridians von Wichtigkeit ist, so soll hier noch besonders betont werden, dass bei den Primär- und Secundärstellungen der Augen der verticale Meridian seine verticale Stellung innebehält. Bei der Richtung des Blickes nach links oben, ebenso nach rechts unten sind die verticalen Meridiane beider Augen nach links geneigt, umgekehrt sind sie nach rechts geneigt bei Richtung des Blickes nach links unten oder nach rechts oben.

Wahrnehmung der Raddrehung im eigenen Auge.

Bei den Secundärstellungen des Auges finden nie Raddrehungen des Auges statt (Listing). [Sehr geringe Rollungen der Augen kommen jedoch bei der Neigung des Kopfes gegen die Schulter vor, und zwar in entgegengesetzter Richtung wie die Neigung ist (Javal); sie betragen für je 10^0 Kopfneigung gegen 1^0 (Skrebitzky, Nagel).]

Die Augenmuskeln.

Die Bewegungen des Bulbus werden von den vier geraden und den zwei schiefen Augenmuskeln ausgeführt. Um die Wirkung eines jeden dieser Muskeln festzustellen, ist die Kenntniss der Zugebene des Muskels und der Drehaxe, um welche er den Bulbus dreht,

Zugebene und Drehaxe.

nothwendig. Die Zugebene des Muskels wird gefunden, indem man durch die Mitte des Ursprungs- und Ansatzpunktes und durch den Drehpunkt eine Ebene gelegt denkt. Die Drehaxe steht nun allemal senkrecht im Drehpunkte des Auges auf die Zugebene des Muskels.

Rectus externus und internus.

Die Messungen haben nun Folgendes ergeben (Ruete, A. Fick): — 1. Der Rectus internus (I) und externus (E) drehen das Auge fast ganz genau nach innen, beziehungsweise nach aussen. Die Zugebene liegt somit in der Ebene des Papieres: Q E ist die Richtung des Zuges des Rectus externus; Q_1I die

Fig. 170.

Zugrichtungen und Drehaxen der Augenmuskeln.

des Rectus internus. Die Drehaxe steht im Drehpunkte O senkrecht zur Ebene des Papieres (fällt also mit der verticalen Axe des Bulbus zusammen). — 2. Die Drehaxe des R. superior und inferior (die punktirte Linie R. sup. — R. inf.) liegt in der horizontalen Trennungsebene des Auges, bildet aber mit der Queraxe (Q Q_1) einen Winkel von etwa 20°; die Zugrichtung

Rectus superior und inferior.

ist für beide Muskeln in der Linie s i gegeben. Man sieht sofort, dass bei der Wirkung dieser Muskeln die Cornea sich nach oben und etwas nach innen, beziehungsweise nach unten und etwas nach innen bewegen muss. — 3. Die Drehaxe der beiden Obliqui (die punktirte Linie Obl. sup. — Obl. inf.) liegt ebenfalls in der horizontalen Trennungsebene des Bulbus, sie bildet mit der Queraxe einen Winkel von 60°. Die Zugrichtung des Obliquus inferior gibt die Linie a b; die des superior die Linie c d an: Die Wirkung der Muskeln ist also, dass sie die Cornea nach aussen und oben, beziehungsweise nach aussen und unten drehen. — Die angegebenen Wirkungen der Muskeln gelten natürlich nur, so lange das Auge in der Primärstellung ist, in jeder anderen Stellung ändert sich natürlich die Drehaxe jedes Muskels.

Obliquus superior und inferior.

Befinden sich die Augen in der Ruhelage, so sind die Muskeln im Gleichgewicht. Wegen der grösseren Mächtigkeit der Recti interni convergiren die Sehaxen etwas und würden sich, verlängert, 8—12′ vom Auge entfernt schneiden. — Bei den Bewegungen des Bulbus können nun entweder nur 1, oder 2, oder selbst 3 Muskeln betheiligt sein. Ein Muskel wirkt nur bei Drehung des Auges gerade nach aussen und gerade nach innen, nämlich der Rectus externus und internus. — Zwei Muskeln wirken bei Wendung gerade aufwärts (Rectus superior und Obliquus inferior), oder gerade abwärts (Rectus inferior und Obliquus superior). — Drei Muskeln werden bei den Diagonalrichtungen verwandt, nämlich für ein- und aufwärts der Rectus internus, superior und Obliquus inferior, — für ein- und abwärts der Rectus internus, inferior und Obliquus superior, — für aus- und abwärts der Rectus externus, inferior und Obliquus superior, — für aus- und aufwärts der Rectus externus, superior und Obliquus inferior.

Zahl der thätigen Muskeln.

Durch ein besonderes Modell beider Augäpfel nebst deren Muskeln (Ophthalmotrop) hat Ruete die Bewegungen der Augen nachgebildet.

Ophthalmotrop.

Die Grösse der Bewegung des Bulbus nimmt im Alter ab; ebenso auch die Länge der Augenaxe. In verticaler Richtung ist die Beweglichkeit geringer, als in seitlicher, ferner nach oben geringer, als nach unten. Der Normal- und Kurzsichtige kann den Bulbus mehr nach aussen, der Weitsichtige mehr nach innen wenden. Der Rectus externus und internus wirken am ausgiebigsten bei Aussenwendung des Bulbus; die Obliqui bei Innenwendung. Ein Auge kann stärker nach innen gewandt werden, wenn gleichzeitig das andere nach aussen, als wenn das andere auch nach innen gewendet wird. Beim Nahesehen kann das rechte Auge weniger nach rechts und das linke nach links gedreht werden, als beim Fernsehen (Hering).

Besondere Eigenthümlichkeiten einzelner Bewegungen.

Beide Augen werden stets gleichzeitig bewegt, selbst dann, wenn das eine völlig erblindet ist, ja es bewegen sich sogar noch die Augenmuskeln, wenn der Bulbus ganz exstirpirt ist. Bei gerader Kopfhaltung erfolgen die Bewegungen stets so, dass beide Blicklinien (Sehaxen) in derselben Ebene liegen. Nach vorn können beide Sehaxen nur unerheblich divergiren, dagegen in erheblichem Masse convergiren. Sind einzelne Augenmuskeln gelähmt, so ist oft die Haltung der Sehaxen in derselben Ebene gestört (Schielen), der Befallene vermag nicht

Gleichmässigkeit der Innervation beider Augen.

mehr beide Sehaxen gleichzeitig auf denselben Punkt zu richten, wohl aber jedes Auge einzeln nach einander. Auch der Nystagmus (pg. 666) erfolgt in beiden Augen gleichzeitig und in gleichsinniger Weise. — Die angeborene gleichzeitige Bewegung beider Augen wird als Mitbewegung bezeichnet (Joh. Müller). E. Hering zeigte, dass bei allen Augenbewegungen eine Gleichmässigkeit der Innervation statthabe. Auch bei solchen Bewegungen nämlich, bei denen das eine Auge scheinbar in der Ruhe verharren könnte, findet an diesem dennoch eine Bewegung und zwar von zwei Antagonisten statt, wie man an leisen Hin- und Herbewegungen ersehen kann.

Motorische Nerven.

Die Nerven der Augenmuskeln sind der Oculimotorius (pg. 665), der Trochlearis (pg. 666) und der Abduceus (pg. 676). — Das Centrum liegt in den Vierhügeln (pg. 760).

402. Das binoculäre Sehen.

Das Zusammenwirken beider Augen bei dem Sehacte bietet die folgenden Vortheile. — 1. Das Gesichtsfeld beider Augen ist beträchtlich grösser, als das je eines Auges. — 2. Es ist die Auffassung der Tiefendimension erleichtert, da die Netzhautbilder von zwei verschiedenen Standpunkten aufgenommen sind. — 3. Es wird eine genauere Schätzung der Entfernung und der Grösse der Objecte ermöglicht in Folge der Wahrnehmung des Convergenzgrades beider Augen. — 4. Es ist die Correction gewisser Fehler in einem Auge durch das andere ermöglicht.

Form des gemeinsamen Gesichtsfeldes.

Bei einer festen Kopfstellung kann man sich leicht von der Form des gemeinsamen Gesichtsfeldes eine Vorstellung machen, wenn man abwechselnd das eine Auge schliesst und den Blick des offenen Auges nach innen wendet. Man erkennt alsdann, dass dasselbe eine birnförmige Gestalt hat, oben breit, unten schmäler und dass die Silhouette der Nase zwischen dem oberen breiteren und unteren schmäleren Theil eine, der Grösse dieser entsprehende Einbuchtung bewirkt. Hält man dicht vor der Antlitzfläche eine senkrechte Papptafel, so kann man auf dieser für den betreffenden Abstand die Umgebung des gemeinsamen Gesichtsfeldes mit der Feder umziehen.

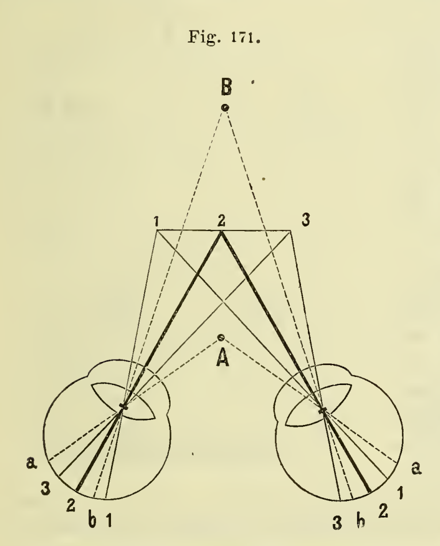
403. Einfachsehen. — Identische Netzhautstellen. — Horopter. — Vernachlässigung der Doppelbilder.

Identische oder zugeordnete Netzhautpunkte.

Denken wir uns die Netzhäute beider Augen wie ein Paar hohle Schalen in einander gesetzt und zwar so, dass beide gelben Flecke sich decken und ebenso die gleichartigen Quadranten der Netzhäute, so heissen alle diejenigen Punkte beider Retinae, die sich decken, „identische" oder „zugeordnete" Netzhautpunkte. Die beiden Meridiane, welche die sich deckenden Quadranten trennen, heissen die „Trennungslinien". Die identischen Punkte sind physiologisch dadurch charakterisirt, dass wenn sie beide zugleich durch Licht erregt

werden, von ihnen aus durch einen psychischen Act die Erregung an ein und dieselbe Stelle des Gesichtsfeldes verlegt wird (natürlich in der Richtung durch den Knotenpunkt eines jeden Auges). Die Erregung der beiden identischen Netzhautstellen bringt also nur einen Bildpunkt des Gesichtsfeldes hervor. Daraus folgt, dass alle diejenigen Objecte der Aussenwelt, von denen die Sehstrahlen (durch die Knotenpunkte) auf identische Stellen der Netzhäute fallen, nur einfach gesehen werden, weil ihre Bilder von beiden Augen an dieselbe Stelle des Gesichtsfeldes gesetzt werden, so dass sie sich decken. Von allen anderen Gegenständen, deren Bilder nicht auf identische Netzhautstellen fallen, entstehen Doppelbilder.

Fig. 171.



Schema identischer und nicht identischer Netzhautstellen.

Versuche. Der Beweis für das Gesagte lässt sich leicht liefern. Betrachten wir mit beiden Augen einen linearen Gegenstand mit den Punkten 1, 2, 3, so sind die Punkte der Netzhautbilder hierfür 1, 2, 3 und 1, 2, 3: es sind dies offenbar identische (sich deckende) Punkte beider Netzhäute. Befindet sich gleichzeitig bei Betrachtung dieses linearen Gegenstandes ein Punkt A näher dem Auge, oder ein anderer Punkt B ferner vom Auge, so werden bei der Einrichtung der Augen für 1, 2, 3 weder die von A einfallenden Sehstrahlen (A a, A a), noch die von B herkommenden (B b, B b) auf identische Netzhautstellen fallen: daher erscheinen von A und von B Doppelbilder.

Auch folgender einfache Versuch ist instructiv. Man fixire einen Punkt (z. B. 2) von Tinte auf weissem Papier: es fällt offenbar das Bild auf beide Foveae centrales retinae (2, 2), die natürlich identische Stellen sind. Drücke ich nun seitlich auf das eine Auge, so dass dasselbe etwas sich verrückt, so erscheinen sofort zwei Punkte, weil nun in dem zur Seite gedrückten Auge das Bild des Punktes nicht mehr auf die Fovea centralis fällt, sondern auf einen daneben liegenden nicht identischen Punkt. — Auch beim absichtlichen Schielen erscheinen sofort alle Objecte in Doppelbildern.

Die verticalen Trennungslinien der Netzhäute fallen nicht genau mit dem verticalen Meridian zusammen, sie zeigen nach oben geringe, bei verschiedenen Individuen, ja selbst bei demselben Individuum zu verschiedener Zeit verschiedene Divergenz (Hering, Donders) von $0{,}5^0$—3^0, während die horizontalen Trennungslinien sich decken. Die Bilder, welche auf die verticalen Trennungslinien fallen, scheinen zu denen der horizontalen senkrecht zu stehen, obgleich sie es wirklich nicht sind. Daher sind die verticalen Trennungslinien die scheinbar verticalen Meridiane.

Einige Forscher halten die identischen Punkte der Netzhäute für eine angeborne Einrichtung; andere betrachten sie als durch den normalen Gebrauch erworben. Menschen, welche schielen von Geburt an, sehen gleichwohl einfach; hier müssen also die identischen Punkte anders angeordnet sein.

Horopter. **Horopter** nennt man die Gesammtheit aller derjenigen Punkte der Aussenwelt, von denen Sehstrahlen in beide Augen (bei einer bestimmten Stellung derselben) gezogen auf identische Netzhautstellen treffen. Der Horopter ist für die verschiedenen Augenstellungen verschieden.

1. In der Primärstellung beider Augen bei parallel gerichteten Sehaxen gehen die von zwei identischen Punkten beider Retinae gezogene Richtungsstrahlen parallel in die Ferne und schneiden sich erst in unendlicher Ferne. Es ist daher für die Primärstellung der Horopter eine in weitester Ferne liegende Ebene.

2. Bei der Secundärstellung des Auges mit convergenten Sehaxen ist der Horopter für die transversalen Trennungslinien ein Kreis, der durch die Knotenpunkte der beiden Augen (K_1 K) und durch den allemal fixirten Punkt (I, II, III) geht (Joh. Müller). — Der Horopter der verticalen Trennungslinien ist in dieser Stellung eine zur Visirebene gezogene Senkrechte (Prévost).

Fig. 172.

Horopter für Secundarstellung mit Convergenz der Sehaxen.

3. Bei den (symmetrischen) Tertiärstellungen, bei denen horizontale und verticale Trennungslinien Winkel bilden, ist der Horopter der verticalen Trennungslinien eine gegen den Horizont geneigte Gerade. Für die identischen Punkte der horizontalen Trennungslinien gibt es in diesen Stellungen keinen Horopter, da die von den identischen Punkten dieser Linien in die Ferne gezogenen Richtungslinien sich nicht schneiden.

4. Bei den unsymmetrischen Tertiärstellungen (mit Rollung), bei denen der fixirte Punkt ungleich von den beiden Knotenpunkten liegt, ist der Horopter eine Curve verwickelter Form.

Auf die genauere Begründung des im Einzelnen sehr schwierigen Horopters kann nicht eingegangen werden. — Zur Ableitung des Horopters denkt Helmholtz sich in der Primärstellung über beide Netzhäute gleiche Meridiane und Parallelkreise gezogen: die identischen Punkte liegen dann wie auf zwei Globen unter gleicher Länge und Breite. — Hering legt in der Primärstellung zwei Systeme von Ebenen durch die Bulbi: die des einen Systemes (der Querschnitte) schneiden sich in der die beiden Knotenpunkte verbindenden Queraxe der Bulbi. Die des zweiten Systemes schneiden sich in einer senkrecht durch den Knotenpunkt jeden Auges gelegten Senkrechten. Dort, wo die gleichen senkrechten und die transversalen Ebenen die Netzhäute schneiden, liegen wieder die identischen Punkte.

Gleichseitige und gekreuzte Doppelbilder. Alle Objecte, von denen die Strahlen auf nicht identische (disparate) Netzhautstellen beider Augen fallen, erscheinen in Doppelbildern. Man kann gleichseitige und

gekreuzte Doppelbilder unterscheiden, je nachdem die von den getroffenen nicht identischen Netzhautstellen gezogenen Strahlen sich vor oder hinter dem fixirten Punkte schneiden.

Versuch. Zur Erläuterung halte man zwei Finger hinter einander vor beiden Augen. Fixirt man den vorderen, so erscheint der hintere im Doppelbilde, fixirt man den hinteren, so scheint der vordere doppelt. Wird beim Fixiren des hinteren Fingers das rechte Auge geschlossen, so verschwindet das linke (gekreuzte) Doppelbild des vorderen Fingers. Fixirt man den vorderen und schliesst das rechte Auge, so verschwindet das rechte (gleichseitige) Doppelbild des hinteren Fingers.

Die Doppelbilder werden ebenso wie die einfachen in den richtigen Abstand von den Augen verlegt (Helmholtz, E. Hering).

Vernachlässigung der Doppelbilder. Trotz der sehr grossen Zahl allemal beim Sehen entstehender Doppelbilder fallen dieselben nicht störend auf. Sie werden für gewöhnlich „vernachlässigt“, so dass sogar die Aufmerksamkeit auf sie gespannt werden muss, damit man sie sehe. Die Vernachlässigung der Doppelbilder wird begünstigt durch folgende Momente: — 1. Die Aufmerksamkeit wendet sich stets dem Punkte des Gesichtsfeldes zu, der jeweilig fixirt wird. Dieser wirft aber dann sein Bild auf die beiden gelben Flecke, die identische Netzhautstellen sind. — 2. Mit den seitlichen Netzhauttheilen wird weniger scharf Form und Farbe gesehen. — 3. Die Augen sind stets für diejenigen Punkte accommodirt, welche fixirt sind. Es entstehen also von den Körpern, die Doppelbilder liefern, nur undeutliche Bilder (in Zerstreuungskreisen), die leichter vernachlässigt werden können. — 4. Viele Doppelbilder liegen so nahe bei einander, dass sich die meisten Theile derselben bei ausgedehnten Bildern über einander lagern. — 5. Durch eine gewisse psychische Gewöhnung werden oft noch Bilder vereinigt, die sich genau genommen nicht decken.

404. Körperliches Sehen. — Stereoskopie.

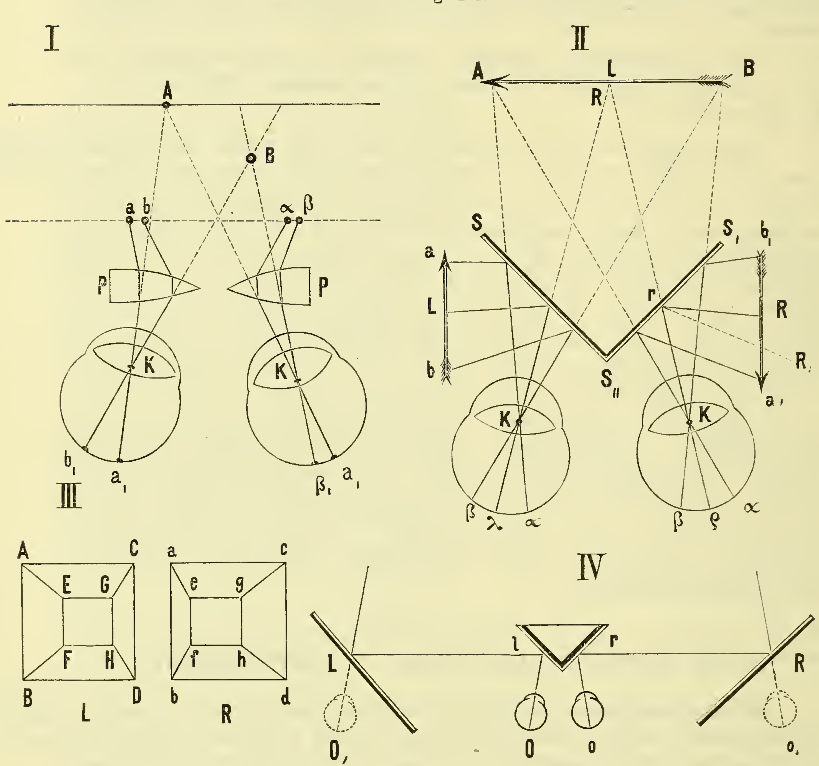
Ungleichheit beider Netzhautbilder. Beim Anschauen körperlicher Objecte entwerfen die beiden Augen nicht völlig gleiche Bilder, sie sind vielmehr wegen des verschiedenen Standpunktes der Augen dem Objecte gegenüber etwas verschieden. Mit dem rechten Auge kann mehr von der ihm gegenüberliegenden Seite des Körpers erblickt werden, ebenso beziehungsweise von dem linken. Trotz dieser Ungleichheit werden dennoch beide Bilder vereinigt.

Die Frage nun, wie es kommt, dass durch die Zusammenlegung zweier so differenter Bilder der Eindruck der Körperlichkeit des Gesehenen erzielt werde, lässt sich am besten durch Analysirung zweier zusammengehöriger stereoskopischer Bilder eruiren.

Fig. 173 III L und R sind zwei derartige Bilder, die stereoskopisch gesehen eine abgestumpfte Pyramide, die gegen das Auge des Beobachters hervorsteht, bilden, indem die gleichartig bezeichneten Punkte sich decken. Misst man den Abstand der sich deckenden Punkte in den beiden Figuren, so

zeigt sich, dass die Abstände A a, B b, C c, D d gleich gross und zugleich die weitesten von allen Punkten der beiden Figuren sind; ferner findet man gleich die Abstände E e, F f, G g, H h; aber diese Abstände sind kleiner, als die ersteren. Betrachten wir endlich die sich deckenden Linien A E . a e und B F . b f, so erkennt man leicht, dass alle Punkte dieser Linien, die mehr nach A a und B b hin liegen, weiter von einander entfernt sind, als die mehr gegen E e und F f belegenen.

Fig. 173.



I. Schema des Stereoskop's von Brewster; — II. des von Wheatstone. — III. Zwei stereoskopische Zeichnungen. — IV. Telestereoskop von Helmholtz.

Gesetze des stereoskopischen Sehens.

Aus der Betrachtung dieser Verhältnisse im Vergleiche mit dem stereoskopischen Bilde ergeben sich nun folgende Sätze für das stereoskopische Sehen: — 1. Alle diejenigen Punkte zweier stereoskopischer Bilder (und natürlich ebenso zweier Netzhautbilder körperlicher Objecte), welche in beiden Bildern gleichweit von einander entfernt sind, erscheinen in derselben Ebene. — 2. Alle Punkte, welche näher aneinander liegen (als die Entfernung anderer beträgt), treten gegen den Beobachter näher heran; — 3. umgekehrt alle Punkte, welche weiter von einander liegen, treten in den Hintergrund perspectivisch zurück.

Der Grund für diese Erscheinung liegt nun einfach in folgendem Satze: „Beim Sehen mit beiden Augen verlegen wir constant den Ort der einzelnen Bildpunkte in der Richtung der Sehaxen dorthin, wo sich beide schneiden."

Beweisende Versuche.

Der folgende Stereoskop-Versuch (Fig. 173 I) beweist dies. Man nehme als die beiden Bilder zwei Paar Punkte (a b und α β), die ungleich von einander auf der Papierfläche entfernt sind. Bringt man sie stereoskopisch zur Deckung, so erscheint der aus a und α vereinigte Punkt (A) entfernt in der Ebene des Papiers, hingegen der andere B (aus der Deckung der beiden näheren Punkte b und β entstanden) schwebt vor derselben in der Luft gegen den Beobachter hin. Die Fig. 173 I gibt die Construction deutlich an. — Auch folgender Versuch erläutert dasselbe. Man zeichne als die beiden zur Deckung bestimmten Figuren je zwei Linien ähnlich den Linien B A . A E und b a . a e in Fig. 173 III. In den Linien B A und b a liegen alle zur Deckung kommenden Punkte gleichweit von einander entfernt, dagegen liegen in A E und a e alle Punkte, die näher nach E und e hin liegen, stetig näher an einander. Stereoskopisch betrachtet liegt die vereinigte Senkrechte A a B b in der Ebene des Papiers, dahingegen steht die vereinigte Schräge A a E e schräg gegen den Beobachter aus der Ebene des Papiers hervor. — Aus diesen beiden Fundamentalversuchen lassen sich alle stereoskopischen Bildpaare leicht analysiren; namentlich ergibt sich auch, dass, wenn man in Fig. 173 III beide Bilder vertauscht, so dass R an Stelle von L liegt, dass alsdann der Eindruck eines abgestumpft-pyramidalen Hohlgefässes entstehen muss.

Man hat den Vorgang des körperlichen Sehens auch noch in anderer Weise erklärt. Von den beiden Bildern R und L (Fig. 173 III) fallen zunächst nur A B C D und a b c d auf identische Netzhautpunkte und deshalb können nur diese zunächst sich decken, (oder bei einer anderen Convergenz der Sehaxen können nur E F G H und e f g h aus demselben Grunde sich decken). Gesetzt, es deckten sich zuerst die quadratischen Grundflächen der Figuren, so hat man weiterhin zur Erklärung des stereoskopischen Eindruckes angenommen, es seien beide Augen nach Deckung der Grundquadrate in einer schnellen „abtastenden" Bewegung gegen die Spitze der Pyramide hin. Und indem hierbei die Augenaxen immer mehr und mehr convergiren müssten, so erscheine die Spitze der Pyramide hervorstehend: denn alle Punkte, bei deren Sehen die Augenaxen sich mehr convergent stellen müssen, erscheinen uns näher (siehe unten). So würden also thatsächlich alle correspondirenden Theile der beiden Figuren durch die Augenbewegungen nach einander auf identische Netzhautpunkte gebracht (Brücke).

Man hat gegen diese Auffassung eingewendet (Dove), dass schon die Dauer des elektrischen Funkens zum stereoskopischen Sehen genüge, eine Zeit, die für die abtastenden Augenbewegungen völlig unzureichend sei. Wenngleich dies für manche Figuren zutrifft, so ist doch für die richtige Zusammenfügung complicirterer oder ungewohnter Figuren diese Bewegung der Sehaxen nicht ausgeschlossen und erweist sich dieselbe zumal für manche Individuen als vortheilhaft.

Wenn nun bei der momentanen Zusammenlegung zweier Figuren zu einem körperlichen Bilde eine Bewegung der Augen nicht statthat, so werden offenbar in den stereoskopischen Bildern viele Punkte vereinigt, die genau genommen nicht auf identische

Netzhautstellen fallen. Man kann daher die letzteren nicht mit mathematischer Schärfe als die sich deckenden Punkte beider Netzhäute bezeichnen (pg. 828), sondern muss mehr vom physiologischen Gesichtspunkte aus alle solche Stellen als identische bezeichnen, deren gleichzeitige Erregung in der Regel ein einheitliches Bild erzeugt. Bei dieser Vereinigung spielt offenbar die Psyche eine Rolle, es besteht ein gewisser psychischer Zwang, die Doppeleindrücke beider Netzhäute einheitlich im Bilde zu verschmelzen, in der Weise, wie die Erfahrung die Zusammengehörigkeit beider Doppelbilder gelehrt hat. Wenn jedoch die Differenzen beider stereoskopischer Figuren zu gross sind, dass gar zu sehr entfernte Netzhautstellen getroffen werden, oder wenn in einer Figur noch neue Linien hinzutreten, die zu der körperlichen Figur nicht passen würden, oder gar die Zusammenlegung stören, so hört auch die stereoskopische Verschmelzung auf (Panum, Volkmann).

Stereoskop von Wheatstone und Brewster. Die Stereoskope sind Werkzeuge, durch welche zwei zusammengehörige perspectivisch gezeichnete Bilder zur Deckung gebracht werden, so dass sie als einfach und körperlich erscheinen. Wheatstone erreicht dies durch Hilfe zweier winklig gestellter Spiegel (Fig. 173 II); Brewster durch zwei Prismen (Fig. 173 I). Die Wirkung beider Werkzeuge ist aus den Figuren ersichtlich.

Auch ohne Stereoskop vermögen Einige zwei derartige Bilder zu vereinigen, indem sie die Sehaxe jedes Auges auf das demselben gegenüber gehaltene Bild richten.

Zwei völlig gleiche Bilder, d. h. also solche, bei denen alle einander entsprechenden Punkte genau gleichen Abstand haben (z. B. dieselben Seiten von zwei Exemplaren eines Buches), erscheinen unter dem Stereoskope völlig eben; sobald jedoch in dem einen der eine oder andere Punkt etwas näher oder ferner steht in Bezug auf den correspondirenden Punkt, so tritt dieser sofort aus der Ebene hervor oder zurück. So lehrte Dove falsche Banknoten von echten durch den Mangel, mit echten genaue Flächenbilder zu geben, unterscheiden.

Telestereoskop von Helmholtz. Körperliche Objecte aus sehr weiter Ferne betrachtet, z. B. die entlegensten Partien einer Landschaft, erscheinen uns flächenhaft wie in einem Gemälde und nicht mehr körperlich hervortretend, weil nämlich in Bezug auf diese grossen Abstände der kleine Positionsunterschied unserer Augen im Kopfe gar nicht mehr in Betracht kommt. Um dennoch von solchen Objecten körperliche Anschauung zu gewinnen, construirte Helmholtz das Telestereoskop (Fig. 173 IV), ein Werkzeug, das mit Hilfe paralleler Spiegel den Standpunkt beider Augen gewissermassen weit auseinander rückt. Die Spiegel L und R werfen je das erhaltene Bild der Landschaft auf die Spiegel l und r, gegen welche die beiden Augen O o gerichtet sind. Je nach dem Abstand von L und R können so beide Augen gewissermassen um mehrere Fusse in ihrem Standpunkte (nach O_1 o_1) auseinander rücken. Die entfernte Landschaft erscheint auffallend stark körperlich. Um die entfernten Theile deutlicher und näher zu sehen, kann vor die Augen noch ein doppeltes Fernrohr (Feldstecher) gesetzt werden.

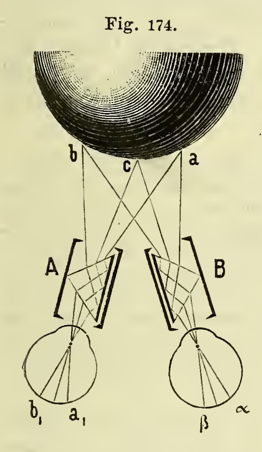
Wesen des Glanzes. Macht man an zwei zusammengehörenden stereoskopischen Bildern entsprechende Flächen in dem einen Bilde schwarz, in dem anderen weiss [man zeichne z. B. zwei abgestutzte Pyramiden, wie Fig. 173 III, zeichne die eine Figur genau wie L (nämlich mit weissen Flächen und schwarzen Linien), die andere aber zeichne man mit schwarzen Flächen und weissen Linien]; so erscheint unter dem Stereoskop der Körper glänzend. Das Wesen des Glanzes liegt also darin, dass der glänzende Körper bei einer bestimmten Stellung in das eine Auge helles Licht reflectirt, in das andere jedoch nicht, — weil der unter

einem bestimmten Winkel reflectirte Strahl nicht gleichzeitig in beide Augen gelangen kann (Dove).

Einen interessanten Versuch zur Erläuterung des stereoskopischen Sehens liefert noch das Pseudoskop von Wheatstone. Dasselbe besteht aus zwei in Röhren eingeschlossenen rechtwinkeligen Prismen (A und B), durch welche man parallel mit den Hypotenusenflächen hindurchsieht. Betrachtet man mit diesem Werkzeug z. B. eine Kugelfläche, so werden die in jedes Auge fallenden Bilder seitlich umgekehrt. Das rechte Auge sieht so eine Ansicht, wie sie sonst das linke sieht und umgekehrt; der Schlagschatten ist namentlich umgekehrt. Die Folge hiervon ist, dass die Kugel hohl erscheint.

Pseudoskop von Wheatstone.

Fig. 174.



Wheatstone's Pseudoskop.

Das Stereoskop kann auch benutzt werden, um über den „Wettstreit der Sehfelder" Aufschluss zu geben. Beim Sehen mit beiden Augen sind nämlich fast niemals beide gleichzeitig und gleichmässig thätig, vielmehr lösen sich die beiden gewissermassen mehr oder weniger umfangreich ab, so dass bald das Bild der einen, bald das der anderen Netzhaut überwiegt. Legt man z. B. unter das Stereoskop zwei verschiedenfarbige Flächen, so tauchen, zumal wenn sie lichtstark sind, abwechselnd diese beiden im gemeinsamen Gesichtsfelde auf, je nachdem das eine, oder das andere Auge besonders thätig ist (Panum). Nimmt man zwei Flächen, die so mit Linien bezogen sind, dass letztere sich kreuzen würden, wenn sich die Flächen decken, so tauchen ebenfalls vorwiegend bald die Linien des einen, bald des anderen Systemes auf (Panum). — Aehnlich wie in dem Versuche mit dem Stereoskope bei verschiedenfarbigen Feldern zeigt sich auch der Wettstreit der Sehfelder, wenn man eine Landschaft durch verschiedenfarbige Gläser mit beiden Augen anschaut.

Wettstreit der Sehfelder.

405. Grössenwahrnehmung. Schätzung der Entfernung.

Täuschungen über Grösse und Richtung.

Das Urtheil über die Grösse eines Gegenstandes hängt zunächst — (von allen übrigen Momenten abgesehen) — von der Grösse des Netzhautbildchens ab: so würde man z. B. den Mond zunächst für grösser halten, als einen Stern. Fliegt ferner beim Sehen in die ferne Landschaft plötzlich eine Fliege durch unser Gesichtsfeld nahe am Auge vorbei, so kann das Bild derselben, wegen seiner relativen Grösse auf der Netzhaut, den Eindruck eines grossen Vogels vortäuschen.

Schätzung der Grösse aus dem Netzhautbildchen,

Wird das Bild wegen mangelnder Accommodation im Zerstreuungskreise entworfen, so kann dadurch die Grösse noch erheblicher erscheinen. — Da nun aber sehr ungleich grosse Objecte gleich grosse Netzhautbilder geben können, wenn nämlich ihre Entfernung derart ist, dass dieselben gleichen Sehwinkel bilden (pg. 784), so wird also auf die Schätzung der wirklichen Grösse eines Objectes (gegenüber der allein durch den Sehwinkel bedingten scheinbaren Grösse) die Taxi-

rung der Entfernung von dem grössten Einfluss sein. Ueber den Grad der Entfernung gibt nun einmal bereits das Gefühl der Accommodation Aufschluss, da für das genaue Sehen in der Nähe eine grössere Anstrengung des Accomodationsmuskels nöthig ist, als für das Sehen entfernter Objecte. Da nun aber bei gleicher Grösse der Netzhautbildchen zweier ungleich weiter Objecte, dasjenige Object erfahrungsgemäss das kleinere ist, welches näher liegt, so wird auch dasjenige Object als das kleinere taxirt, für welches beim Sehen stärker accommodirt werden muss.

aus der Accommodation,

Hieraus erklärt sich folgende Beobachtung: angehende und ungeübte Mikroskopiker pflegen stets bei starker Accommodationseinstellung zu sehen, während der Erfahrene accommodationslos beobachtet: es erklärt sich daraus die Erfahrung, die man in jedem Cursus machen kann, dass die Anfänger alle mikroskopischen Bilder zu klein taxiren und sie bei der Reproduction durch Zeichnen viel zu klein entwerfen. — Ein fernerer Beweis hierfür ist der folgende Versuch: erzeugt man in einem Auge ein Nachbild, so erscheint dasselbe sofort kleiner, wenn man für die Nähe accommodirt, und wieder grösser, wenn das Auge zur Ruhe kommt. — Betrachtet man mit einem Auge einen möglichst nahe vor dasselbe gehaltenen schmalen Körper, so erscheint ein dahinter liegender indirect mitgesehener kleiner zu sein.

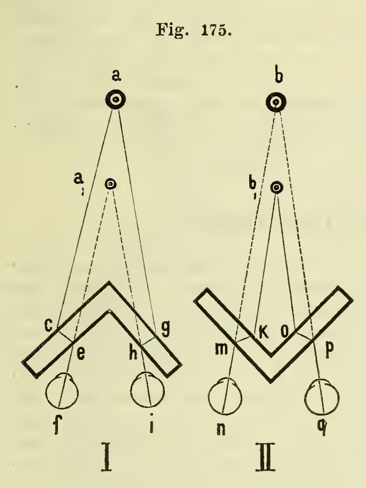
aus der Convergenz der Sehaxen.

Viel bedeutender ist das Mittel zur Schätzung der Grösse eines Objectes mit Hilfe der Taxirung des Abstandes, welcher in dem Grad der Convergenz der Augenaxen gegeben ist. Wir verlegen den Ort eines binoculär gesehenen Objectes dorthin, wo die beiden Sehaxen sich schneiden. Der Winkel, den beide Sehaxen an diesem Schnittpunkte bilden, heisst der Gesichtswinkel. Je grösser also der Gesichtswinkel (bei gleichgrossen Netzhautbildchen), um so näher taxiren wir das Object. Je näher aber das Object ist, um so kleiner kann es sein, um dieselbe Grösse des „Sehwinkels" zu bilden, die sonst ein entfernteres grosses Object geben würde. Daraus schliessen wir: bei gleicher scheinbarer Grösse (gleich grossem Sehwinkel, oder gleicher Grösse der Netzhautbildchen) schätzen wir dasjenige Object als das kleinste, bei dessen binocularer Betrachtung die Sehaxen die grösste Convergenz haben müssen. Ueber die Grösse der hiebei nöthigen Muskelanstrengung gibt uns das Muskelgefühl der Augenmuskeln Aufschluss.

Belege für diese Darstellung liefern folgende Versuche: 1. Das von Herm. Meyer beschriebene Tapetenphänomen: Betrachtet man einen gleichartig z. B. schachbrettförmig gemusterten Hintergrund (Tapete, oder Rohrsesselgeflecht), so erscheinen bei geradeaus gerichteten Sehaxen die Felder in einer bestimmten Grösse. Es gelingt nun, zumal beim Anschauen eines näher gehaltenen Objectes, die Augenaxen zu kreuzen: es rückt dann das Muster scheinbar in die Ebene dieses fixirten Punktes, wobei sich die gekreuzt über einander geschobenen Doppelbilder decken, und das Muster erscheint sofort kleiner. — 2. Rollett betrachtet durch zwei winkelig gestellte dicke Glasplatten ein Object. Und zwar sind die Glasplatten einmal so gestellt (Fig. 175 II), dass die Winkelkante beider Platten gegen den Beobachter gewendet ist, das andere Mal (I) ist die Winkelöffnung zugewandt: Wollen die beiden Augen f und i (in I) das Object a sehen, so müssen, da die Glasplatten die Strahlen a c und a g parallel mit sich selbst verschieben (nämlich als e f und h i), die Augen mehr

convergiren, als wenn sie direct auf a gerichtet wären. Daher erscheint das Object näher und kleiner, nämlich bei a_1. — In II fallen von dem näheren kleineren Objecte b_1 die Strahlen b_1 k und b_1 o auf die Glasplatten. Um das Object b_1 zu sehen, müssen die Augen (n und q) mehr divergiren und es erscheint das Object bei b ferner und vergrössert. — 3. Bei Betrachtung des Wheatstone'schen Spiegelstereoskopes (Fig. 173 II) ist leicht einzusehen, dass je mehr die beiden Bilder gegen den Beobachter hin rücken, der Beobachter um so mehr die Sehaxen convergiren muss (weil der Einfalls- und Reflexionswinkel grösser wird). Daher erscheint ihm nun das zusammengefügte Bild kleiner. Rückte die Mitte des Bildes R nach R_1, so müsste natürlich der Winkel S_{11} r ρ gleich S_1 r R_1 gemacht werden (ebenso natürlich links). — 4. Da beim Telestereoskop die beiden Augen gewissermassen sehr weit von einander gerückt sind, so muss natürlich auch zur Betrachtung von Objecten in gewissen Abständen die Convergenz der Sehaxen stärker gemacht werden, als beim normalen Sehen. Es erscheinen daher landschaftliche Objecte wie in kleiner Modellform. Da wir aber aus solcher Kleinheit auf eine weite Entfernung zu schliessen gewohnt sind, so scheinen uns die Gegenstände zugleich auffallend in die Ferne gerückt.

Fig. 175.



Rollet's Glasplattenapparat.

Ueber die Taxirung der Entfernung ergibt sich leicht das Folgende: bei gleichgrossem Netzhautbilde schätzen wir die Entfernung um so grösser, je geringer die Accommodationsanstrengung ist (und umgekehrt). Beim binoculären Sehen taxiren wir bei gleichgrossen Netzhautbildern dasjenige Object als das entferntere, für welches die Augenaxen am wenigsten convergent gestellt werden (und umgekehrt).

Schätzung der Entfernung aus der Accommodation und Convergenz der Sehaxen.

So geht also die Schätzung der Grösse und der Entfernung vielfach Hand in Hand, und die richtige Schätzung der Entfernung gibt uns auch die richtige Schätzung der Grösse der Objecte (Descartes). — Eine weitere Hilfe der Schätzung der Entfernung bietet die Beobachtung der scheinbaren Verschiebung der Gegenstände bei Bewegung unseres Kopfes oder Körpers. Bei letzerer nämlich verändern seitliche Objecte ihren Ort scheinbar um so schneller gegen den Hintergrund, je näher sie uns sind. Daher kommt es, dass wir beim Fahren im Courierzuge, bei welchem die Stellungsänderung der Objecte besonders schnell geschieht, die Objecte für näher halten (Sick) und eben deshalb auch für kleiner (Dove).

Schätzung der Entfernung und Grösse aus der Scheinbewegung.

In Bezug auf Grösse und Richtung des Gesehenen kommen vielfache Täuschungen des Urtheils vor; es seien hier einige namhaft gemacht: 1. Eine durch Zwischenpunkte ausgefüllte Distanz scheint grösser, als eine solche ohne diese. Daher erscheint uns das Himmelsgewölbe nicht als Hohlkugel, sondern elliptisch gewölbt; und aus letzterem Grunde wird die Scheibe der untergehenden Sonne grösser taxirt, als die der hoch am Himmel stehenden

Täuschungen der Grösse.

(Ptolemaeus, 150 n. Chr.). — 2. Bewegt man hinter einem Spalte einen aufgezeichneten Kreis langsam hin und her, so erscheint er als horizontale Ellipse, bewegt man ihn schnell, so erscheint er als senkrechte. — 3. Zieht man durch eine senkrechte dicke schwarze Linie eine sehr feine schräge, so scheint jenseits der dicken die Richtung der feinen von der ursprünglichen Richtung abzuweichen. — 4. Man ziehe drei Parallelen 1 Cmtr. von einander abstehend horizontal unter einander. Zieht man nun durch die obere und untere schräge kurze Parallelstriche in der Richtung von links oben nach rechts unten; durch die mittlere Linie ähnlich schräge Striche von rechts oben nach links unten, so erscheint der Parallelismus der drei Linien stark gestört (Zöllner). — 5. Sieht man in einem dunklen Raume gegen eine helle senkrechte Linie, und neigt dann den Kopf gegen die Schulter, so scheint die Linie in entgegengesetzter Richtung gedreht (Aubert).

Täuschungen der Richtung.

406. Schutzorgane des Auges.

Bau der Lider.

I. Die Lider werden in ihrem Bau und der Zusammenfügung ihrer Bestandtheile aus Figur 176 nebst der beigefügten Erklärung erkannt. Der Tarsus ist kein Knorpel, sondern eine feste Bindegewebsplatte, in welchem die Meibom'schen Drüsen eingebettet sind, acinöse Talgdrüsen, die den Lidrand befetten. Am basalen Rande des Tarsus, zumal des oberen, dicht der Umschlagsfalte der Conjunctiva münden die acino-tubulösen Krause'schen Drüsen. Die Bindehaut überzieht die Vorderfläche des Bulbus bis zum Cornearand, auf welche nur das Epithel übergeht, auf der Hinterfläche der Lider hat sie zum Theil einen papillären Bau, deren Vertiefungen man beim Menschen und einigen Säugern auch für kleine Schleimdrüschen gehalten hat (Henle). Knäueldrüsen besitzen die Wiederkäueer an der Umrandung der Hornhaut (Meissner), nach aussen von hier gegen den äusseren Augenwinkel hat das Schwein einfache drüsige Blindsäcke (Manz). Waldeyer entdeckte im Tarsalrande beim Menschen modificirte Schweissdrüsen. Kleine lymphatische Bälge der Conjunctiva werden als Trachomdrüsen bezeichnet. Krause fand Endkolben in der Conjunctiva bulbi. Die Lymphgefässe in der Bindehaut hängen mit den Saftlücken der Cornea und Sclera zusammen. Das Secret der Conjunctiva ist ausser etwas Schleim Thränenflüssigkeit, die ihre reichen Gefässe etwa gerade so viel liefern mögen, als die Thränendrüsen selbst.

Schluss der Lidspalte.

Der Schluss der Lidspalte geschieht durch den M. orbicularis palpebrarum (N. facialis; pg. 679), wobei das obere Lid schon durch seine Schwere niedersinkt. Der Muskel gelangt in Thätigkeit: 1. Durch den Willen, — 2. unwillkürlich in einzelnen Zuckungen (Lidschlag), reflectorisch durch Erregung aller sensiblen Trigeminusfasern am Bulbus und in dessen naher Umgebung (pg. 667, 668), — ebenso durch intensive Lichtreizung der Netzhaut. — Dauernder unwillkürlicher Schluss erfolgt während des Schlafes.

Oeffnung der Lidspalte.

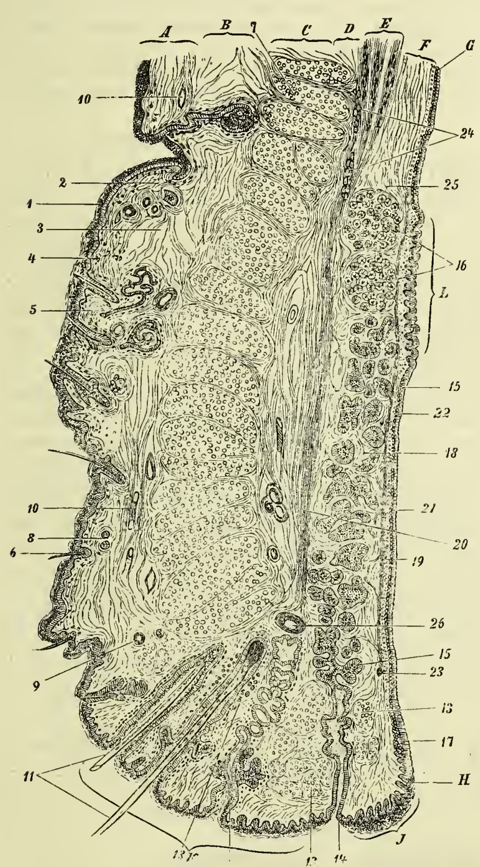
Die Eröffnung der Lidspalte bewirkt das passive Niedersinken des unteren und die active Erhebung des oberen Lides durch den Levator (pg. 665). Erweiternd wirken auch die glatten, tonisch innervirten, verschmälernd wirkenden Muskeln der Lider (pg. 670).

Bau der Thränenapparate.

II. Die Thränenapparate bestehen zunächst aus den Thränendrüsen, die der Parotis im Bau sehr ähnlich sind und niedrig cylindrische körnige Secretionszellen haben; 4—5 grössere und 8—10 kleinere Ausführungsgänge leiten die Thränen oberhalb des äusseren Lidwinkels in den Fornix conjunctivae. Die Thränenröhrchen tauchen mit ihren offenen Anfängen, den Thränenpunkten, in den Thränensee; der Gang ist aus Bindegewebe und elastischen Fasern gewebt und trägt ein geschichtetes Pflasterepithel. Quergestreifte Muskelfasern begleiten die Röhrchen und vermögen sie bei ihrer Contraction

offen zu erhalten (Wedl). Ein den Thränenpunkt umkreisender Sphincter (Merkel) wird von Toldt vermisst. Die bindegewebige Haut des Thränensackes und Canales ist mit dem anliegenden Periost verbunden. Die dünne, an Lymphoidzellen reiche Schleimhaut trägt ein einschichtiges (? flimmerndes) Cylinderepithel, das nach unten in ein geschichtetes Pflasterepithel übergeht. Die Oeffnung des Ganges ist oft mit einer klappenartigen Falte (Hasner'sche Klappe) versehen.

Fig. 176.



Senkrechter Schnitt durch das obere Lid nach Waldeyer. — *A* Cutis, — 1 Epidermis, — 2 Chorion. — *B* und 3 Subcutanes Bindegewebe. — *C* und 7 Musculus orbicularis mit seinen Bündeln. — *D* lockeres submusculäres Bindegewebe. — *E* Insertion des Heinrich Müller'schen Muskels. — *F* Tarsus. — *G* Conjunctiva. — *J* innere Lidkante. — *K* äussere Lidkante. 4 Pigmentzellen in der Cutis. — 5 Schweissdrüsen. — 6 Haarbälge mit Haaren. — 8 und 23 Nervendurchschnitte. — 9 Arterien. — 10 Venen. — 11 Cilien. — 12 Modificirte Schweissdrüsen. — 13 Musc. ciliaris Riolani. — 14 Mündung einer Meibom'schen Drüse. — 15 Durchschnittene Acini derselben. — 16 hintere Tarsaldrüsen. — 18 und 19 Gewebe des Tarsus. — 20 prätarsales oder submusculoses Bindegewebe. 21 und 22 Conjunctiva mit dem Epithel. — 24 Fettgewebe. — 25 Locker gewebtes hinteres Tarsusende. — 26 Durchschnitt einer Art. palpebralis.

Fortleitung der Thränen.

Die Fortleitung der Thränen geschieht zwischen Lider und Bulbus durch Capillarität, wobei der Lidschlag vertheilend wirkt. Das Meibom'sche Secret verhindert das Uebertreten der Thränen über den Lidrand. — Durch die Punkte, Röhrchen und den Canal geschieht die Fortleitung zunächst durch Heberwirkung (Ad. Weber). Wesentlich unterstützend wirkt aber der Horner'sche Muskel, der bei jedem Lidschlage die hintere Wand des Sackes, den letzteren erweiternd, zurückzieht und so aspirirend auf die Thränen wirkt (Henke).

E. H. Weber und v. Hasner lassen die Thränen aspirirt werden durch Verdünnung der Luft in der Nasenhöhle bei der Inspiration und beim Aufschnauben. Arlt lässt den Thränensack durch die Contraction des Orbicularis comprimirt werden, so dass die Thränen nasenwärts entweichen müssen. Endlich glaubt Stellwag, dass beim Lidschluss die Thränen einfach in die Punkte hineingepresst werden. — Ich muss hier jedoch noch auf einen Punkt besonders aufmerksam machen: es besitzt die Umgebung des Thränensackes und des Thränennasencanales zahlreiche grosse Venengeflechte. Bei der Exspiration, namentlich bei forcirter, schwellen diese an und pressen die Wände dieser Röhren zusammen. Daher kommt es, dass man auch bei forcirtester Pressung keine Luft in diesen Canal treiben kann. Wird lebhaft inspirirt, z. B. durch tiefes häufiges Einschnauben, so entleeren sich die Venen, und in dem Masse, als die Wände hierdurch wieder zurücktreten, können sie hierdurch aspirirend auf die Thränen wirken.

Absonderung der Thränen. Die Absonderung der Thränen erfolgt durch directe Reizung des N. lacrimalis (pg. 667), Subcutaneus malae (pg. 671, 2) des Halssympathicus (pg. 697, 5), die man als die Secretionsnerven bezeichnet hat. — Reflectorisch können letztere ebenfalls erregt werden (pg. 667, 2) durch Reizung der Nasenschleimhaut, nur an derselben Seite (Herzenstein). Die gewöhnliche Absonderung im wachen Zustande ist wohl eine reflectorisch durch die Erregung der vorderen Bulbusfläche (durch Luft, Verdunstung der Thränen) bedingte. Im Schlafe fallen diese Momente weg und die Thränen versiegen. Reichel fand unter Heidenhain's Leitung, dass die thätige Drüse (nach Pilokarpin-Injection) körnige, getrübte, verkleinerte Secretionszellen habe mit verwischten Zellgrenzen und kugeligen Kernen, während in der ruhenden Drüse die Zellen hell und wenig gekörnt sind, mit unregelmässig geformtem Kerne. — Auch intensive Lichtreizung bewirkt reflectorisch vom Sehnerven aus Thränenfluss. — Noch unerklärt ist die Thränenergiessung bei Gemüthsbewegungen (aber auch bei starkem Lachen). Beim Husten und Erbrechen ist theils die Thränensecretion reflectorisch verstärkt, theils der Abfluss durch die exspiratorische Pressung behindert.

Function und Zusammensetzung der Thränen. Die Thränen befeuchten den Bulbus, schützen ihn vor Vertrocknung und schwemmen kleinere Partikeln weg, unterstüzt vom Lidschlag.

Die alkalischen, salzig schmeckenden Thränen stellen ein „seröses" Secret dar (99% Wasser, — 0·1 Albumin und etwas Mucin, — 0·8 Salze, — 0·1 Epithelien; Frerichs).

407. Vergleichendes. Historisches.

Vergleichendes. Als einfachste Form des Sehwerkzeuges treffen wir Pigmentablagerungen in der äusseren Körperumhüllung an, die mit der Endigung eines centripetalen Nerven in Contact stehen. Das Pigment, welches die Lichtstrahlen absorbirt, wohl aber auch als die chemisch veränderungsfähige „Sehsubstanz" eine Umwandlung erleidet, lässt durch die auslösende lebendige Kraft des schwingenden Lichtäthers chemische Spannkräfte frei werden, welche auf den Nervenendapparat erregend einwirken. Pigmentanhäufungen mit zutretenden Nerven und noch dazu mit einem hellen lichtbrechenden Körper versehen, finden *Medusen.* sich im Rande des Schirmes der höheren Medusen, während die niederen *Würmer.* Pigmentflecke an der Tentakelbasis haben. Auch bei vielen niederen Würmern finden sich nur Pigmentflecke, dem Gehirne benachbart. Bei andern liegt das

Pigment als Hülle um die Endigung des Nerven, die als sogenannte Krystallstäbchen oder Krystallkegel auftritt (z. B. Strudelwürmer). Bei den Egeln sind die in Vielzahl am Kopfe liegenden Augen noch in wenig typischer Ausbildung vorhanden. Vielen niederen Würmern endlich und namentlich den Parasiten fehlen die Sehwerkzeuge völlig. — Bei den Seesternen finden sich die Augen an der Spitze der Arme, die aus einem kugeligen Krystallorgan bestehen, umgeben von Pigment mit zutretendem Nerv. Bei allen übrigen Echinodermen findet man nur Pigmentanhäufungen. — Unter den Gliederthieren trifft man verschiedene Stufen der Augenbildung an. — 1. Ohne Hornhaut findet sich entweder nur ein von Pigment umgebener Krystallkegel (Nervenendapparat) in der Nähe des Gehirns (einige Krebslarven); oder es kommen mehrere Krystallstäbchen vor im zusammengesetzten Auge (niedere Krebse). — 2. Mit Hornhaut, welche durch eine linsenförmig gestaltete Chitinbildung des äusseren Integumentes gebildet wird, trifft man entweder einfache Augen, mit einem Krystallstäbchen, oder zusammengesetzte Augen. Letztere haben entweder nur eine grosse linsenförmige Hornhaut, die zugleich für alle vielen Krystallstäbchen gemeinsam ist (Arachniden), oder jedes Krystallstäbchen besitzt für sich eine besondere linsenförmige Cornea. Die zahlreichen Stäbchen, von Pigment umgeben, stehen dicht zusammen, eine gewölbte Fläche einnehmend. Der Chitinüberzug des Kopfes ist facettirt und bildet auf der Oberfläche eines jeden Stäbchens eine kleine Corneallinse. Jede dieser liefert von den Objecten ein besonderes Bild. Legt man z. B. auf den Spiegel eines Mikroskopes ein Kreuz, während als Object unter dem Mikroskope ein Stück facettirter Hornhaut liegt, so erblickt man in jeder Hornhaut das Kreuz im Bilde. So würde für jedes Stäbchen (Krystallkegel) ein besonderes Bild entstehen. — Unter den Mollusken haben die festsitzenden Brachiopoden nur im freien Larvenzustande zwei Pigmentflecke nahe dem Hirn, ähnliche, sogar mit lichtbrechendem Körper versehen, haben die Muscheln, jedoch auch nur im Larvenzustande. Die ausgewachsenen Muscheln haben hingegen nur blosse Pigmentflecke am Mantelrande, doch haben hier manche gestielte, smaragdglänzende, hochentwickelte Augen. Unter den Schnecken besitzen einige niedere gar keine Augen, andere haben am Kopfe ein Pigmentfleckenpaar, endlich haben viele Schnecken (z. B. Gartenschnecke) ihr Augenpaar auf einem besonderen Augenstiele. Das Auge hat hier Cornea, Sehnerv mit Netzhaut und Pigment und endlich sogar Linse und Glaskörper. — Unter den Cephalopoden hat Nautilus keine Hornhaut und Linse und das Meereswasser fliesst frei in die Augenhöhle ein. Andere besitzen dann eine Linse, aber es fehlt die Hornhaut, andere haben weiterhin eine Oeffnung in der Cornea (Sepia Octopus, Loligo); alle übrigen Theile des Auges sind wohl entwickelt. — Das Auge der Vertebraten bedarf keiner eingehenderen Besprechung. Ohne Augen ist Amphioxus; zurückgebildet sind sie bei Proteus und dem Säuger Spalax, deren Leben im Dunklen das Sehorgan hat verkümmern lassen. Bei vielen Fischen, vielen Amphibien und Reptilien ist das Auge von der durchsichtig gewordenen Haut überzogen. Einige Haie, die Krokodile und die Vögel haben jedoch Lider und noch dazu die Nickhaut am inneren Augenwinkel. Vereint mit ihr ist die Harder'sche Drüse. Bei Säugern ist die Nickhaut auf die Plica semilunaris reducirt. Den Fischen fehlen die Thränenapparate. Die Thränen der Schlangen bleiben unter dem uhrglasförmigen Cuticularüberzug, der das Auge überzieht. Die Sclera der Knochenfische hat zwei oft verknöchernde Knorpelstreifen. Von der Mitte der Chorioidea geht in das Innere des Glaskörperraumes ein gefässhaltiges Organ bei den Knochenfischen aus (Processus falciformis), dessen vordere Anschwellung Campanula Halleri heisst. Aehnlich, nur noch mit Muskelfasern versehen, geht der Kamm (Pecten) im Vogelauge oft bis zur Linsenkapsel. Die Cornea ist bei Vögeln von einem Knochenring eingefasst. Eine riesige Verdickung der Sclera haben die Wale. Die Linse ist bei Wasserthieren sehr stark kugelig. Die Muskeln der Iris und Chorioidea sind bei Reptilien und Vögeln quergestreift. Besonders muss noch betont werden, dass die Retinastäbchen aller Wirbelthiere von vorn nach hinten stehen, während die analogen Elemente (Krystallstäbchen, Krystallkörper) der Wirbellosen von hinten her nach vorn gerichtet sind.

Echinodermen.

Arthropoden.

Mollusken.

Cephalopoden.

Vertebraten.

Historisches.

Historisches. Die Platoniker und Stoiker stellten sich den Sehact als etwas Materielles dar. Vom Auge und von den Objecten gehen Lichtstrahlen aus, beide treffen sich, und die Strahlen des Auges kehren mit dem Gefühle des Gegenstandes zum Auge wieder zurück. Die Epikuräer glaubten, dass kleine körperliche, die Peripatetiker, dass unkörperliche Bilder von den Objecten direct hervorgingen. Nach Aristoteles entnimmt das Auge von dem Objecte nichts von seiner Materie, sondern nur seinen Schein, wie das Wachs den Abdruck des Siegels. Descartes stellte die Hypothese von der Schwingung des Lichtäthers auf, der auch im Auge vorhanden sei, und der den Nerven errege. — In Bezug auf einzelne Theile des Sehorganes und deren Thätigkeit sei Folgendes erwähnt: Schon die Hippokratische Schule kennt den Sehnerven und die Linse. — Aristoteles (384 v. Chr.) theilt mit, dass die Durchschneidung des Sehnerven bei Verwundeten blind gemacht habe. Er kennt die Nachbilder; erwähnt der Kurz- und Weitsichtigen; sagt, die blauen Augen reagiren durch lebhaftere Irisbewegungen auf Licht, als die dunklen, und dass allein der Mensch an beiden Lidern Cilien trage. — Herophilus (307 v. Chr.) entdeckte die Retina, in seiner Schule wurden zuerst die Ciliarkörper bekannt. — Galen (131—203 n. Chr.) beschreibt die sechs Augenmuskeln, die Thränenpunkte und Gänge. Nach ihm empfindet die Netzhaut den Lichteindruck; er leitet den Ursprung des Sehnerven vom Thalamus ab. — Berengar (1521) kennt die Fettigkeit der Lidränder. Stephanus (1545) und Casseri (1609) beschreiben bereits die Meibom'schen Drüsen, die Meibom's Name (1666) bekannter machte. Fallopia beschreibt die Glashaut des Auges und das Ligamentum ciliare. Plater betont die hintere stärkere Wölbung der Linse (1583). Aldrovandi sah Reste der Pupillarmembran (1599). — Schon zu Vesal's Zeiten (1540) wurden über die brechende Kraft der Linse Betrachtungen angestellt, und Maurolycos verglich die Linse mit einer Glaslinse, aber erst Kepler (1611) zeigte das wahre Brechungsverhältniss des Auges und die Entstehung des Bildchens; doch glaubte er in Bezug auf die Accommodation, dass die Netzhaut vor- und rückwärts bewegt werde. Der Jesuitenpater Scheiner betonte jedoch, dass die Linse durch die Processus ciliares convexer werde; er nimmt Muskelfasern in der Uvea an. Er leitete Kurz- und Weitsichtigkeit von der Wölbung der Linse her, er zeigte ferner zuerst das Bildchen auf der Netzhaut im ausgeschnittenen Auge. (Andere Erklärungen für die Accommodation gaben: Zinn, der vermehrten Flüssigkeitseintritt in das Auge, Pemberton und Young, welche selbstständige Bewegung der Linse, Molinet, der das Kürzerwerden des Auges, und Boerhave, der das Längerwerden desselben durch Zug der Recti, Jurin, welcher eine stärkere Hornhautkrümmung, La Hire, der die Pupillenverengerung als Ursachen der Accommodation angaben.) — Ueber den Gebrauch der Brillen findet sich schon bei Plinius eine Notiz; im Anfange des 14. Jahrhunderts soll der Florentiner Salvinus Amatus († 1317) sie erfunden haben, ebenso der Pisaner Mönch Al. de Spina († 1313). Erst Kepler 1611 und Descartes 1637 erläuterten richtig ihre Wirkung. — Auf Gassendus (1658) ist der Wettstreit der Sehfelder zurückzuführen. Durch Zinn wurde wesentlich die Kenntniss des Auges gefördert. Schon Ruysch beschreibt Muskelfasern in der Iris, weiterhin Monro (1794) genauer den Sphincter pupillae; Berzelius wies chemisch Muskelsubstanz in der Iris nach. Jacob entdeckte die Stäbchenschicht der Netzhaut; Sömmering beschrieb (1791) zuerst den gelben Fleck. Leeuwenhoek kannte schon die Linsenfasern, Reil sah die sternförmige Spaltbarkeit der Linse. Berzelius untersuchte chemisch Linse, Humor aqueus, Glaskörper, Pigment und Thränen. Brewster und Chossat (1819) prüften die brechende Kraft der Augenmedien. Graefe glaubte, dass die Linse durch die Ciliarfortsätze ihre Form ändere. Purkinje studirte (1819) eingehend das subjective Sehen. Mayo findet im dritten Nerven den Beweger des Sphincter pupillae. — Alles Neuere enthält der Text.

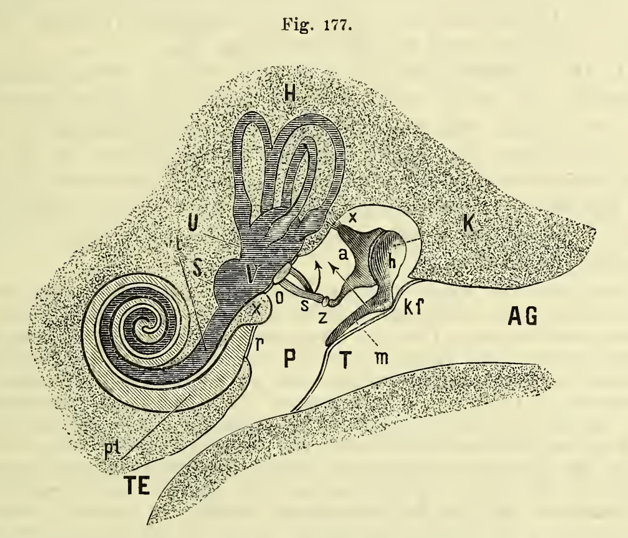
Das Gehörorgan.

408. Schema des Baues des Gehörorganes.

Mechanische Erregung des Hörnerven.

Die normalen Erreger des Gehörnerven sind die Schallschwingungen; diese sollen die Endapparate des N. acusticus, welche innerhalb der wässerigen Endolymphe des Labyrinthes des inneren Ohres

Fig. 177.



Schema des Gehörorganes. *AG* äusserer Gehörgang. *T* Trommelfell. *K* Hammer mit Kopf (*h*), kurzem Fortsatz (*kf*) und Manubrium (*m*). *a* Ambos mit kurzem Fortsatz (*x*) und langem Fortsatz, welcher durch das Sylvius'sche Knöchelchen (*z*) mit dem Steigbügel (*s*) verbunden ist. *P* Paukenhöhle. *o* ovales Fenster, *r* rundes Fenster. *X* Beginn der Lamina spiralis der Schnecke, *pt* deren Paukentreppe und *vt* deren Vorhofstreppe. *V* Vorhof. *S* Sacculus. *U* Utriculus. *H* Halbcirkelförmige Canäle. *TE* Tuba Eustachii. Der lange Pfeil entspricht dem Zuge des Musc. tensor tympani, der kurze gebogene dem des M. stapedius.

auf membranösen Ausbreitungen der Schnecke und der halbcirkelförmigen Canäle angeordnet sind, in Mitbewegung versetzen. Es sind daher zunächst die Schallschwingungen dem Labyrinthwasser mitzutheilen, welches hiedurch in Wellenbewegungen versetzt, die Endigungen zu Mitbewegungen veranlasst. Die Erregung der Gehörnerven geht also vor sich durch die mechanische Reizung mittelst Wellenbewegung des Labyrinthwassers.

Das Wasser des Labyrinthes ist ringsum von der ausserordentlich festen und harten Knochenmasse des Felsenbeines umgeben (Fig. 177). Nur an einer kleinen dreiseitig-rundlichen Stelle (r) (Fenestra rotunda) wird die Begrenzung durch ein zartes nachgiebiges Häutchen gebildet, welches an seiner anderen Seite die Luft

der Paukenhöhle (P) hat. — Unfern des runden Fensters befindet sich die Fenestra ovalis (o), in welcher die Trittplatte des Stapes (s) vermittelst eines nachgiebigen häutigen Saumes eingesetzt ist. Auch diese hat an der vorderen Seite die Luft der Paukenhöhle. Da somit das Labyrinthwasser an jenen zwei Stellen von einer nachgiebigen Begrenzung eingeschlossen ist, so ist es einleuchtend, dass das Wasser selbst einer oscillirenden Bewegung fähig gemacht ist, da ja den Bewegungen desselben jene nachgiebigen Begrenzungsschichten zu folgen im Stande sind.

Fragen wir nun weiter, auf welchen Wegen die Schallschwingungen das Labyrinthwasser in Wellenbewegungen versetzen können, so bieten sich uns drei verschiedene Wege dar:

Leitung durch die Kopfknochen.

1. Die Leitung durch die Kopfknochen. Diese findet ganz vornehmlich nur statt, wenn tönende feste Körper direct auf die Theile des Kopfes aufgestellt werden (z. B. eine Stimmgabel an die Zähne), oder wenn der Schall sich durch Flüssigkeiten (z. B. durch Wasser, unter welches der Kopf untergetaucht gehalten wird) bis zum Kopfe fortpflanzt. Schallschwingungen der Luft werden jedoch so gut wie gar nicht auf die Kopfknochen übertragen (Unvermögen zu hören bei zugestopften Ohren).

Von den dem Kopfe angehörenden Weichtheilen leiten nur die den Knochen unmittelbar anliegenden gut den Schall, von den abstehenden noch am besten der knorpelige Theil der Ohrmuschel. — Auch unter den günstigsten Verhältnissen liefert die Leitung durch die Kopfknochen für die Erregung der Gehörnerven weniger günstige Bedingungen, als die Leitung des Schalles durch den Gehörgang. Lässt man z. B. zwischen den Zähnen eine Stimmgabel verklingen, bis man sie nicht mehr hört, so vernimmt man noch deutlich ihren Ton, wenn man sie nun schnell vor's Ohr bringt (Rinne). — Es ist ferner günstiger für die Gehörwahrnehmung durch Kopfknochenleitung, wenn die Oscillationen sich nicht ergiebig von den Knochen auf das Trommelfell und durch dieses auf die Luft des Gehörganges fortpflanzen können. Daher hört man besser bei gleichzeitiger Verstopfung der Ohren, die jenes beschränkt. Ist bei Schwerhörigen die Leitung und das Hören durch die Kopfknochen noch normal, so ist die Ursache der Schwerhörigkeit nicht im nervösen Theile des Ohres, sondern in den von aussen her den Schall leitenden Apparaten zu suchen.

Leitung durch den äusseren Gehörgang.

2. Die normale Leitung beim gewöhnlichen Hören durch den äusseren Gehörgang geschieht in der Weise, dass die Schwingungen der Luft zuerst das Trommelfell (Fig. 177 T) in Vibration versetzen, dieses den anliegenden Hammer (h) und weiter den Ambos (a) und Steigbügel (s), welcher letzterer die Vibrationen seiner Trittplatte auf das Wasser des Labyrinthes (V) überträgt.

Directe Leitung von der Luft aus auf die Fenster.

3. Bei Menschen, bei welchen in Folge von destructiven Erkrankungen im mittleren Ohre Trommelfell und Gehörknöchelchen zerstört sind, kann die Erregung des Gehörapparates (freilich stets nur in geschwächter Weise) auch noch in der Art vor sich gehen, dass die Schwingungen der Luft sich direct auf die Membran des runden Fensters (r) und die Verschlusstheile des ovalen Fensters (o) übertragen. Die Membran des runden Fensters kann sogar allein in Vibration versetzt werden, wenn auch der Verschluss des ovalen völlig unnachgiebig geworden ist (Weber-Liel).

409. Physikalische Vorbemerkungen.

Der Schall.

Der Schall entsteht durch Oscillationen schwingungsfähiger, elastischer Körper. Diese erzeugen in der umgebenden Luft abwechselnde Verdichtungen und Verdünnungen, also Wellen, in denen die Theilchen longitudinal, nämlich in der Richtung der Fortpflanzung des Schalles, schwingen. Um den Ursprungspunkt des Schalles bilden somit diese Verdichtungen und Verdünnungen, gleichsam concentrische Kugelschalen, welche die Schallschwingungen bis zu unserem Ohre fortpflanzen. Die Schwingungen der tönenden Körper sind sogenannte *stehende Schwingungen* (E. H. und Wilh. *Weber*), d. h. alle Theilchen derselben befinden sich stets in derselben Phase der Bewegung, indem sie gleichzeitig in Bewegung gerathen, gleichzeitig das Schwingungsmaximum erreichen und gleichzeitig auch wieder von hier zurückkehren, wie z. B. die Theilchen eines tönenden vibrirenden Metallstabes. Also wird durch *stehende* Schwingungen elastischer Körper der Schall *erzeugt*, — *fortgepflanzt* wird er durch *fortschreitende* Wellenbewegung elastischer Medien (gewöhnlich der Luft) (*Newton*). Die *Wellenlänge* eines Tones, d. h. der Abstand von einem Dichtigkeitsmaximum bis zum folgenden in der Luft (oder zweier Verdichtungskugelschalen der Luft) ist der Schwingungsdauer des Körpers proportional, dessen Schwingungen die Schallwellen erzeugen.

Wellenlänge der Töne.

Ist λ die Wellenlänge eines Tones, t in Secunden ausgedrückt die Dauer einer Schwingung des die Welle erzeugenden Körpers, dann ist $\lambda = n t$, worin $n = 340{,}88$ Meter ($= 1050$ par. Fuss), gleich der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in der Luft in einer Secunde ist. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles im Wasser wurde $= 1435$ Meter in einer Secunde gefunden (also gegen viermal schneller, als in der Luft); in den schwingungsfähigeren unter den festen Körpern pflanzt er sich 7—18mal schneller, als in der Luft fort. — Am ungeschwächtesten findet die Fortleitung des Schalles in demselben Medium statt; tritt jedoch der Schall durch verschiedene Medien, so findet stets eine Schwächung desselben statt

Reflexion.

Reflexion der Schallwellen erfolgt dann, wenn sie gegen ein festes Hinderniss stossen: hierbei ist stets der Reflexionswinkel dem Einfallswinkel gleich.

Arten der Wellenbewegung. Fortschreitende Längswellen.

Es mag an dieser Stelle zugleich noch Einiges über die Wellenbewegungen angefügt werden. Wir unterscheiden: — **I. Fortschreitende Wellenbewegung.** Diese kann in zwei verschiedenen Arten auftreten: — 1. Als *Längswellen* (*Chladni*), deren Wesen darin liegt, dass die einzelnen Theilchen der oscillirenden Substanz in der Richtung der Fortbewegung der Wellen um ihre Gleichgewichtslage schwingen. Es gehören hierher die Wasser- und Luftwellen. Diese Art der Bewegung bringt es mit sich, dass die Theilchen an gewissen Stellen sich anhäufen (z. B. auf den Wellenbergen der Wasserwellen), an anderen hingegen sich vermindern. Es wird daher auch wohl diese Art der Wellen *Verdichtungs- und Verdünnungswellen* genannt. — 2. Bewegt sich jedoch in der fortschreitenden Welle jedes Theilchen nur *vertical* auf und ab, also senkrecht zur Richtung der Fortpflanzung der Welle, so entstehen die einfachen *Transversalwellen* (*Chladni*), oder fortschreitenden Beugungswellen, in denen es nicht zur Verdichtung oder Verdünnung in der Richtung der Fortpflanzung der Wellen kommen kann, da ja die Theilchen nur seitlich ausweichen. Ein Beispiel dieser Wellenbewegung liefern die *fortschreitenden Seilwellen*.

Fortschreitende Transversalwellen.

Stehende Beugungswellen.

— **II. Stehende Beugungswellen.** Wenn alle Theilchen eines elastischen schwingenden Körpers so oscilliren, dass dieselben stets in derselben Phase der Bewegung sich befinden, wie die Branchen einer tönenden Stimmgabel, oder eine angeschlagene Saite, so nennt man diese Art der Bewegung *stehende Beugungswellen*. Da Körper, deren Ausdehnung in der Richtung der Oscillation sehr gering ist, in stehenden Beugungswellen hin- und herschwingen, so ist es erklärlich, *dass auch die kleinen Theile des Gehörapparates* (*Trommelfell, Gehörknöchelchen, Labyrinthwasser*) *in stehenden Beugungswellen oscilliren*. [Gespannte Saiten können auch, durch *Knotenpunkte* unterbrochen, mit einzelnen Abschnitten stehende Beugungswellen vollführen.]

410. Ohrmuschel. Aeusserer Gehörgang.

Ohrmuschel. Beim Fehlen der Ohrmuschel hat man die Gehörthätigkeit nicht nachweisbar alterirt gefunden, es ist daher die physiologische Function derselben jedenfalls nur gering. Man hat zwar aus den Vorsprüngen und Vertiefungen derselben auf eine günstig wirkende Reflexion der Schallstrahlen schliessen wollen (Boerhave). Zahlreiche werden offenbar unter gleichem Reflexionswinkel nach aussen wieder reflectirt; diejenigen Strahlen aber, welche die vertiefte Concha treffen, sollten gegen den Tragus geworfen werden, um von diesem in den äusseren Gehörgang reflectirt zu werden. Auch wurde in Erwägung gezogen, ob nicht die getroffene Muschel durch Mitschwingung den Schall verstärken helfe. Wurden die Vertiefungen der Muschel mit Wachs bis auf den Eingang zum Gehörgang ausgeglichen, so will Schneider das Gehör etwas geschwächt, Harless und Esser dasselbe jedoch unverändert gefunden haben. Gegen die Annahme einer wirksamen Reflexion der Schallstrahlen sowohl von Theilen der Muschel, als auch von den Wänden des Gehörganges macht Mach jedoch wohl mit Recht das Bedenken geltend, dass im Verhältniss zur Wellenlänge der Klänge die räumlichen Verhältnisse dieser Theile zu klein seien. — Man hat endlich auch noch angenommen, dass die Muschel als freistehende elastische Platte die Schallwellen aufnehme und sie zu den Kopfknochen leite, so dass auf diesem Wege die Erregung des Gehörnerven verstärkt werde. Allein da beim Aufenthalt in der Luft die Wirkung der Leitung durch die Kopfknochen beim Hören verschwindend klein ist, so kann nicht ernsthaft an eine solche Bestimmung gedacht werden.

Muskeln der Ohrmuschel. Unter den Muskeln des äusseren Ohres sind 1. diejenigen zu nennen, welche der ganzen Muschel eine Bewegung geben: Mm. retrahentes, attrahens, attolens. — 2. Auf die Formveränderung der Muschel könnten einwirken: Innen die Mm. tragicus, antitragicus, helicis major und minor; aussen der transversus und obliquus auriculae. Menschen mit beweglichen Ohren finden keinerlei Einfluss auf das Hören während der Bewegung. Die Mm. helicis major und minor würden als Erheber des Helix, des Transversus und Obliquus auriculae als Erweiterer der Gruben der Muschel, der Tragicus und antitragicus als Verengerer des Gehörganges zu bezeichnen sein und analogen wirksamen Muskeln bei Thieren entsprechen (Duchenne, Ziemssen). — Bei Thieren hat jedoch vielfach die Muschel und ihre Muskelthätigkeit einen Einfluss auf das Hören. Die Muskeln wirken hier einmal als Richtungsgeber für die Muschel, um die Oeffnung der Schallquelle zuzuwenden (Ohrenspitzen), oder von ihr abzuwenden. Ferner vermögen Muskeln den Binnenraum der Muschel zu erweitern oder zu verengern. Bei manchen tauchenden Thieren kommen sogar klappenartige Verschlüsse des Gehörganges vor. — Es dürfte das Zutreffendste sein, die Muschel des Menschen als ein zwar noch typisch ausgebildetes, aber functionell verkümmertes Organ aufzufassen.

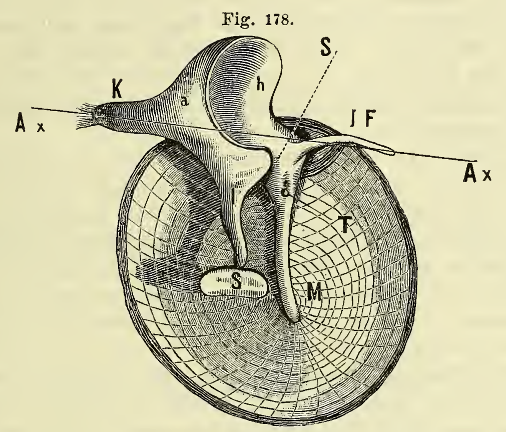
Aeusserer Gehörgang. Der (3—3·25 Cmtr. lange, an seiner äusseren Oeffnung 8—9 Mm. hohe und 6—8 Mm. breite) äussere Gehörgang ist der Leiter der Schallwellen zum Trommelfell. Da er eine leicht spiralige Windung hat (um möglichst weit hinein zu sehen, ziehe man die Muschel aufwärts!), so fallen fast alle Schallstrahlen zuerst gegen seine Wand und werden von hier gegen das Trommelfell reflectirt. — Verstopfungen des Gehörganges, zumal durch verhärtete Pfröpfe eingedickten Ohrschmalzes (pg. 529), behindern natürlich das Hören.

411. Das Trommelfell.

Gestalt und Lage.

Das Trommelfell (Fig. 178), die in einem besonderen knöchernen Falz mit verdicktem Saume ziemlich schlaff ausgespannte elastisch unnachgiebige und fast unausdehnbare Membran, ist etwa 0·1 Mm. dick, 50 Quadrat-Mm. gross (bei kleinen Thieren nicht viel kleiner),

Fig. 178.



Trommelfell und die Gehörknöchelchen (links) von Innen (von der Paukenhöhle aus) gesehen. *M.* Manubrium des Hammers. *T* Insertion des Tensor tympani. *h* Hammerkopf, *lF* langer Fortsatz des Hammers, *a* Ambos mit dem kurzen (*K*) und dem langen (*l*) Fortsatze. *S* Steigbügelplatte. *Ax* . *Ax* ist die gemeinsame Drehaxe der Gehörknöchelchen, *S* die Sperrzahnvorrichtung zwischen Hammer und Ambos.

von elliptischer Gestalt (grösserer Durchmesser 9·5—10 Mm.; kleinerer 8 Mm.) und im Grunde des äusseren Gehörganges schräg unter einem Winkel von 55° von oben und aussen nach unten und innen gerichtet. Beide Trommelfelle convergiren so nach vorn, dass die verlängerten Richtungen beider sich unter einem Winkel von 130—135° schneiden würden. Die schiefe Stellung ermöglicht es, dass es eine grössere Fläche einnehmen kann, als wenn es senkrecht gespannt wäre; so können nun viel mehr Schallstrahlen auf seine Fläche senkrecht einfallen. Die Membran ist nicht eben ausgespannt, sondern etwas unterhalb der Mitte (Nabel) durch den angewachsenen Handgriff des Hammers nach innen gezogen; ausserdem buchtet der kurze Fortsatz des Hammers am oberen Rande die Membran etwas hervor. (Fig. 177.)

Bau des Trommelfelles.

Das Trommelfell besteht aus drei Schichten: 1. Die eigentliche Membrana propria ist eine fibröse auf der äusseren Seite aus radiären, auf der inneren Seite aus circulären Fasern gewebte Haut. — 2. Dem Gehörgange zugewendet trägt das Fell einen verdünnten Cutisüberzug und — 3. auf der Paukenhöhlenseite die zarte Mucosa mit einfachem Plattenepithel. Zahlreiche Nerven und Lymphgefässe und ein complicirtes Gefässsystem finden sich in der Membran.

Function des Trommelfelles.

Das Trommelfell fängt die in den äusseren Gehörgang eingedrungenen Schallstrahlen auf und wird nun durch diese

Schwingungen desselben. in Schwingungen versetzt, welche durchaus nach Zahl und Amplitude den schwingenden Bewegungen der Luft entsprechen. Politzer verband das mit dem Trommelfell in Verbindung stehende Gehörknöchelchen einer Ente mit einer Schreibvorrichtung und konnte so bei Angabe eines Tones die den Schwingungen desselben erfolgenden Vibrationen der Membran aufzeichnen. Entsprechend den Verdichtungen und Verdünnungen der schwingenden Luft schwingt das Trommelfell (wegen seiner sehr geringen Dimension (Dicke) in der Richtung der Schallwellen) in toto hin und her. Das Trommelfell macht also „Transversalschwingungen“, wozu es, weil sich bei dieser Bewegung demselben relativ geringe Widerstände entgegenstellen, besonders geeignet ist.

Eigenschwingungen gespannter Membranen. Gespannte Saiten und Membranen werden im Allgemeinen nur dann in wirklich bedeutende Mitschwingungen versetzt, wenn sie von Tönen getroffen werden, welche mit dem Eigentone jener übereinstimmen, oder deren Schwingungszahl die Vielfache der Schwingungszahl derselben ist (Octave, Duodecime etc.). Von anderen Tönen getroffen, werden sie nur unerheblich zur Mitbewegung veranlasst. Ein einfaches Beispiel erläutert dies: spannt man über einen Cylinder oder Trichter eine Membran, deren Mitte ein an einem Coconfaden herabhängendes Siegellackknöpfchen leicht berührt, so bleibt letzteres ziemlich in Ruhe, wenn Töne in der Umgebung erklingen; sobald jedoch der Eigenton jener Vorrichtung angegeben wird, geräth das Knöpfchen, durch starke Schwingungen der Membran gestossen, in grosse Unruhe.

Eigenschwingungen des Trommelfelles. Uebertragen wir diese Verhältnisse auf das Trommelfell, so würde dieses ebenso in sehr starke Vibrationen versetzt werden, wenn der Eigenton desselben erklänge, jedoch nur in geringe bei der Angabe anderer Tonlagen. Dies würde für das Hören eine enorme Ungleichheit mit sich bringen. Es ist daher am Trommelfelle dafür Sorge getragen, dass diese Ungleichheit ausgeglichen werde. Dies ist dadurch erreicht: 1. Dass den Schwingungen des Trommelfelles grosse Widerstände bereitet sind durch die mit demselben in Verbindung stehende ganze Kette der Gehörknöchelchen. Durch sie ist eine Dämpfungsvorrichtung gegeben, welche bewirkt, dass (wie gedämpfte Membranen überhaupt) das Trommelfell für seinen Eigenton nicht excessiv mitschwingen kann. Die Dämpfung bewirkt ausserdem aber auch, dass ebenso für alle übrigen Töne die Mitschwingungen geringer ausfallen müssen. Hierdurch werden also einmal alle Schwingungen des Trommelfelles gemässigt, besonders aber wird die excessive Vibration bei Angabe des Eigentons herabgesetzt. Es ist somit die Membran geeigneter gemacht, den Schwingungen jeder verschiedenen Wellenlänge mehr gleichmässig, allerdings in geringerem Masse, entsprechend mitzuschwingen. Die Dämpfung verhindert weiterhin auch sehr wirksam die störenden Nachschwingungen. — 2. Auch werden schon der geringen

Mässigung desselben durch Dämpfung.

Masse des Trommelfelles entsprechend die Mitschwingungen desselben klein sein müssen. Uebrigens reichen diese geringen Elongationen völlig aus, die Bewegung des Schalles auf die zartesten Endigungen des Gehörnerven zu übertragen; ja wir werden bei Beschreibung der Gehörknöchelchen noch Einrichtungen kennen lernen, welche die Schwingungen der Paukenmembran noch mehr verkleinern.

Unvollständige Dämpfung des Trommelfelles für Eigenschwingungen.

Es ist übrigens, wie Helmholtz betont hat, die stärkere Mitschwingung des Paukenfelles für seinen Eigenton nicht völlig durch die beschriebene Dämpfung ausgeglichen. Er macht darauf aufmerksam, dass die meisten Menschen die Töne der vier gestrichenen Octave e und g besonders gellend und schmetternd hören (z. B. die Schrilltöne der Heimchen) und vermuthet daher, dass in dieser Tonhöhe der Eigenton des Gehörapparates sammt dem Trommelfelle liege, so dass letzterer bei Angabe dieser Töne besonders stark mitvibrire. Ueberhaupt scheinen so die vornehmlich als „gellend" bezeichneten Klänge die Eigenschwingungen des Gehörapparates besonders hervorzurufen.

Pathologisches.

Pathologisches. Verdickungen und Unnachgiebigkeit des Trommelfelles vermindern die Schärfe des Gehörs in Folge der geringeren Schwingungsfähigkeit des Felles; Löcher und Substanzverluste schwächen ebenso. Bei umfangreichen Zerstörungen hat man sogar ein künstliches Trommelfell in den Gehörgang geschoben, dessen Schwingungen bis zu einem gewissen Grade die des verlorengegangenen ersetzen (Toynbee).

412. Die Gehörknöchelchen und ihre Muskeln.

Function der Gehörknöchelchen.

Die Gehörknöchelchen haben eine doppelte Function: 1. Sie sollen durch die von ihnen gebildete Kette die Schwingungen des Trommelfelles auf das Labyrinthwasser übertragen. — 2. Sie bieten den Muskeln des mittleren Ohres Angriffspunkte dar, welche durch sie druckverändernd auf das Labyrinthwasser wirken.

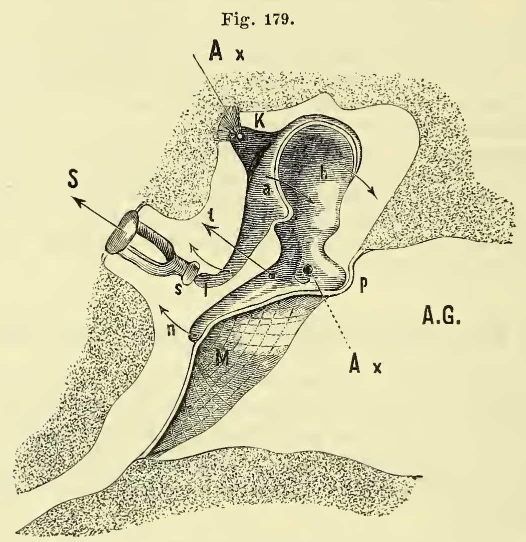
Anordnung und Mechanik der Knöchelchen.

Gestalt und Lage der Gehörknöchelchen gehen aus der Fig. 179 hervor: sie bilden eine gegliederte Kette, welche das Trommelfell (M) durch Hammer (h), Ambos (a), Stapes (S) mit dem Labyrinthwasser in Verbindung setzt. — Besondere Beachtung verdient der Bewegungsmodus der Knöchelchen. Der Stiel des Hammers (n) ist mit den Fasern des Trommelfelles fest verwachsen. Ausserdem ist der Hammer durch Bänder fixirt, welche ihm die Richtung seiner Bewegung vorschreiben. Zwei Bänder, das Lig. mallei anticum (vom Processus Folianus ausgehend) und das posticum (von einer kleinen Crista des Halses entspringend), stellen vereint ein gemeinsames Axenband dar (Helmholtz), welches in der Richtung von hinten nach vorn (also parallel der Fläche des Trommelfelles) durch die Paukenhöhle zieht. Der Hals des Hammers liegt zwischen den Insertionen der beiden Bänder. Das vereinigte Band gibt für die Bewegung des Hammers die Drehaxe ab. Wird der Handgriff des Hammers nach innen gezogen, so wird natürlich der Kopf desselben die entgegengesetzte Bewegung, nämlich nach aussen, machen müssen. — Der Ambos (a) ist durch ein Band, welches seinen kurzen Fortsatz an der Wand der Paukenhöhle vor dem Eingang zu den Zitzenfortsatz-

Hammer. *Ambos.*

zellen befestigt (k), in seiner Lage nur theilweise fixirt. Wesentlich trägt ihn die nicht sehr straffe Gelenkverbindung mit dem Kopfe des Hammers (h), der sich mit seiner sattelförmigen Gelenkfläche in die Höhlung des Ambos legt. Besonders aufmerksam muss gemacht werden auf die nach Art eines Sperrzahnes wirkende untere Kante des Ambosrandes (Fig. 178 S). Diese bringt es mit sich, dass bei der Bewegung des Handgriffes des Hammers nach dem Innern der Paukenhöhle zu der Ambos, und zwar der parallel mit dem Manubrium des Hammers gerichtete lange Fortsatz (l) desselben, der unter fast

Fig. 179.



Paukenfell und Gehörknöchelchen (links) vergrössert. *A.G* äusserer Gehörgang. *M* Membrana tympani, welcher das Manubrium mallei (*n*) und der Processus brevis (*p*) anliegt. *h* Hammerkopf. *a* Ambos, *k* kurzer Fortsatz desselben mit dem Haftbande, *l* langer Fortsatz. *s* Sylvius'sches Knöchelchen. *S* Stapes. — *Ax*. *Ax* ist die Drehaxe der Gehörknöchelchen (sie ist perspectivisch gezeichnet und muss durch die Fläche des Papiers gesteckt gedacht werden) *t* Zugrichtung des M. tensor tympani. Die übrigen Pfeile zeigen die Bewegung der Gehörknöchelchen an beim Zuge des Tensor.

rechtem Winkel den Steigbügel (S) (durch Vermittelung des Sylvius'schen Knöchelchens (s) trägt, ebenfalls nach Innen gedrängt wird. Wenn jedoch (etwa durch Verdichtung der Luft in der Paukenhöhle) das Trommelfell sammt dem Handgriff des Hammers auswärts bewegt wird, so braucht der lange Ambosfortsatz diese Bewegung nicht mitzumachen, da sich ja nur der Hammer von dieser, als Sperrzahn wirkenden, Kante des Ambos wegbewegt. Es kann daher denn auch somit nicht zu einer Zerrung am Steigbügel, und damit nicht zu einer störenden Erschütterung des Labyrinthwassers kommen. Somit stellen also Hammer und Ambos, wie Ed. Weber zutreffend dargelegt hat, einen Winkelhebel dar, dessen Bewegung um eine gemeinsame Axe (Fig. 178 und 179 Ax.Ax) geschieht. Bei

der Bewegung nach innen folgt der Ambos dem Hammer, als wenn beide ein einheitliches Stück wären. Die gemeinsame Axe (Fig. 178) ist aber nicht das Axenband des Hammers, sondern sie wird gebildet vorn durch den nach vorn gerichteten Proc. Folianus (1F) und hinten durch den nach hinten gerichteten kurzen Fortsatz des Ambos (K). Die Drehung beider Knöchelchen um diese Axe findet statt in einer Ebene, die senkrecht auf der Ebene des Trommelfelles steht. Bei der Drehung vollführen naturgemäss die oberhalb dieser Axe liegenden Theile (Hammerkopf und oberer Theil des Amboskörpers) die entgegengesetzte Bewegung, als die unterhalb derselben liegenden (Manubrium mallei und Processus longus incudis), wie in Fig. 179 durch die Richtung der Pfeile angegeben ist. Der Bewegung des Hammergriffes muss allemal das Trommelfell (und vice versa) folgen, mit der Excursion des langen Ambosfortsatzes ist nothwendig die des Stapes verknüpft. — Noch auf einen wichtigen Punkt ist aufmerksam zu machen. Da der lange Fortsatz des Ambos nur $^2/_3$ der Länge des Hammergriffes hat (Fig. 179 und 178), so wird die Excursion der Spitze des ersteren und mit ihm des Steigbügels dem Massverhältniss entsprechend geringer sein müssen, als die Bewegung der Spitze des Manubrium mallei, dahingegen wird die Kraft der Bewegung entsprechend der Verkleinerung der Excursion vergrössert.

Bewegungen des Trommelfelles nach innen haben somit eine weniger ergiebige, aber kraftvollere Bewegung der Steigbügelplatte gegen das Labyrinthwasser hin zur Folge (die Helmholtz mit Politzer auf gegen 0,07 Mm. berechnete).

Schwingungsmodus der Knöchelchen.

Die Art und Weise, wie sich also somit die Schwingungen des Trommelfelles durch die Kette der Gehörknöchelchen bis zu dem Labyrinthwasser übertragen, ist ganz analog dem dargelegten Bewegungsmechanismus dieser Theile. Man hat zur Beobachtung dieser Bewegung lange zarteste Glasfäden mit den verschiedenen Theilen der Knöchelchen in Verbindung gebracht und durch diese wie durch lange Fühlhebel die Bewegungen auf berusste Flächen zeichnen lassen, welche sie ausführten, wenn Töne zu dem Ohrpräparate drangen (Politzer, Hensen und Schmidekam). Oder man klebte auf die einzelnen Theile stark blitzende Körnchen, deren schwingende Bewegung sich als Lichtlinie darstellt, die man mit dem Mikroskop verfolgte und mass (Buck, Helmholtz, Mach und Kessel). Alle Versuche erhärteten es, dass die Uebertragung der Schallschwingungen durch den geschilderten Mechanismus der Winkelhebelbewegung der Gehörknöchelchen vor sich geht.

Da die Excursionen der Knöchelchen bei den Schallschwingungen jedoch nur minimale sind, so wird es wohl nicht zu einer Veränderung in den Gelenkstellungen bei jeder Schwingung kommen. Letztere wird wohl nur dann erfolgen, wenn grössere Bewegungen ausgeführt werden durch die Muskeln, worüber nunmehr berichtet werden soll.

Die Muskeln der Gehörknöchelchen wirken auf die Stellung derselben und weiterhin auf die Spannung des Trommelfelles, sowie auf den Druck im Labyrinthwasser ein. — Der M. tensor tympani, in einer knöchernen Halbrinne oberhalb der Tuba belegen, schlägt sich mit seiner Sehne über einen Knochenvorsprung dieser verlängerten Rinne fast rechtwinkelig nach aussen und inserirt sich dicht unterhalb der Drehaxe des Hammers an denselben (Fig. 178 T). Zieht sich der Muskel zusammen (in der Richtung des Pfeiles t Fig. 179), so wird mit dem Hammerstiel (n) das Trommelfell (M) nach innen gezogen und gespannt. Hierbei erfolgt weiterhin auch die Bewegung des Ambos und Steigbügels (S), der tiefer in die Fenestra ovalis gepresst wird, gerade so wie vorhin genau beschrieben worden ist. Erschlafft der Muskel wieder, so wird durch die Elasticität des gedrehten Axenbandes und des gespannten Paukenfelles selber die Ruhelage wieder eingenommen. — Der motorische Nerv des Muskels stammt aus dem Trigeminus uud geht durch den Ohrknoten (Ggl. oticum, pg. 675); Ludwig und Politzer sahen bei Reizung des Quintus in der Schädelhöhle die beschriebene Bewegung erfolgen.

Wirkung des Tensor tympani.

Zweck der Spannung.

Die durch den Tensor bewirkte Spannung des Trommelfelles hat einen doppelten Zweck (Joh. Müller). — 1. Das gespannte Fell leistet bei sehr intensivem Schall einen grösseren Widerstand für die Mitschwingung, da erfahrungsgemäss (Savart) gespannte Membranen überhaupt um so schwerer in Mitschwingung versetzt werden, je stärker sie gespannt sind. In dieser Beziehung übt der Spanner somit einen Schutz für das Gehörorgan aus, indem er verhindert, dass zu intensive Stösse durch das Trommelfell den Nervenendigungen zugeführt werden. — 2. Je nach dem Grade der Contraction wird die Spannung des Trommelfelles variiren müssen. Hierdurch erhält das Fell jeweilig einen verschiedenen Eigenton und ist somit befähigt, allemal für die betreffende Tonhöhe stärker mitzuschwingen, für die dasselbe also gewissermassen accommodirt wird. Hierdurch kann natürlich begünstigend für die Wahrnehmung schwacher Töne gewirkt werden.

Vergleich mit der Iris.

Man hat in Bezug auf die genannte Thätigkeit das Trommelfell wohl mit der Iris verglichen. Beide Membranen halten bei zu intensiver Entfaltung des specifischen Reizes durch Contraction (Verengerung der Pupille und Spannung des Trommelfelles) eine zu mächtige Reizung ab, und beide vermögen so bei mässigen und schwachen Reizstärken das Sinneswerkzeug für die jeweilige Einwirkung passend zu adaptiren. Für beide Membranen erfolgen diese Bewegungen durch reflectorische Erregung: für das Gehörorgan durch den N. acusticus, der reflectorisch die motorischen Fäden des Tensor anregt.

Schwerhörigkeit bei vermehrter Spannung.

Dass eine vermehrte Spannung des Trommelfelles diese Membran für Schallschwingungen weniger empfänglich macht, erkennt man leicht, wenn man bei geschlossener Mund- und Nasenöffnung entweder stark exspiratorisch presst, wobei Luft durch die Tuba in die Paukenhöhle dringt und das Trommelfell hervorgebuchtet wird, oder stark inspirirt, wobei wegen Luftverdünnung im

Cavum tympani das Trommelfell stark nach innen gezogen wird. In beiden Fällen herrscht Schwerhörigkeit für die Dauer der so bewirkten stärkeren Spannung des Trommelfelles, wie namentlich schon beim Lauschen eines ausklingenden Tones beobachtet werden kann. — Joh. Müller hat durch folgenden Versuch dieselbe Wirkung deutlich gemacht: Setzt man in einen Gehörgang einen Trichter mit kleiner Seitenöffnung, dessen weite Oeffnung durch eine gespannte Membran verschlossen ist, so hört man allemal undeutlicher, sobald diese Membran durch Zugvorrichtung stärker gespannt wird Die Membran des Trichters stellt somit gewissermassen ein zweites Trommelfell dar, welches vor das Ohr gesetzt worden ist.

Die normale Erregungsweise des Tensor tympani ist wie gesagt die reflectorische. Dem Willen ist der Muskel direct und isolirt nicht unterworfen. — Als Mitbewegung des Tensor deutet L. Fick folgende Erscheinung. Beisst er krampfhaft stark die Kiefer aufeinander, so vernimmt er in seinem Ohre einen hohen piepend singenden Ton und sieht in einem luftdicht in den Gehörgang eingesetzten capillar ausgezogenen Röhrchen ein Tröpfchen schnell sich einwärts bewegen. Während dieses Versuches nimmt der Normalhörige eine Verstärkung aller musikalischen Töne wahr, jedoch eine Schwächung aller nicht mehr musikalischen höchsten Töne (Lucae). — Beim Gähnen mit starker Anspannung des Gesichts und Kiefermuskeln fanden Helmholtz und Politzer eine Schwächung des Gehöres für gewisse Töne, die ich auch bei mir sehr deutlich wahrnehme und die ich eher auf eine vermehrte Thätigkeit des Stapedius beziehen möchte.

Mitbewegung des Tensor.

Hensen stellte fest, dass der Tensor tympani sich durch Zuckungen (nicht durch Dauercontractionen) beim Höract betheiligt, und zwar erfolgt im Anfange des Hörens eine Zuckung, welche die Perception begünstigt. Bei Hunden und Katzen mit geöffneter Paukenhöhle gelang der Nachweis, dass diese Contraction nur im Beginne des Schalles statthat, dass sie dann schnell nachlässt, obschon der Schall andauern mag.

Bewegung des Tensor als einfache Zuckung.

Der im Innern der Eminentia pyramidalis belegene M. stapedius, der sich von hinten her an das Köpfchen des Steigbügels inserirt, hat folgende Wirkung: Durch den Zug am Köpfchen (in Fig. 177 durch den kleinen gebogenen Pfeil angedeutet) muss er den Knochen schräg stellen, wobei das hintere Ende der Trittplatte etwas tiefer in die Fenestra ovalis hinein, das vordere etwas heraus gehebelt wird. Der Knochen erhält hierdurch eine grössere Fixirung, da ja durch die besagte Schrägstellung die, rings um den Rand der Trittplatte sich inserirende, Bandmasse stärker gespannt werden muss. Hiernach wird also die Thätigkeit des Muskels verhüten, dass zu intensive Stösse, die dem Stapes durch den Ambos mitgetheilt werden, ungeschwächt auf das Labyrinthwasser übertragen werden (vgl. pg. 680, 5). Er ist also in gewissem Sinne ein Unterstützer des Tensor tympani. — Der Nerv kommt vom Facialis (pg. 677).

Wirkung des M. stapedius.

Nach Politzer, der bei Reizung des Muskels den Druck des Vorhofswassers sinken sah, soll der Stapedius Antagonist des Tensor tympani sein; er soll daher das Trommelfell nach aussen bewegen (Lucae). — Henle glaubt, dass der Stapedius nicht sowohl zur Bewegung als zur Befestigung des Steigbügels diene und dass er nur dann in Anspruch genommen werde, wenn Gefahr vorhanden ist, dass sich eine, dem Hammer mitgetheilte Bewegung durch Vermittelung des Ambosses auf den Steigbügel fortpflanze. — Lucae, der

Andere Ansichten über die Wirkung des Stapedius.

eine Mitbewegung des Stapedius bei sehr kräftigen Bewegungen der Gesichtsmuskeln, z. B. beim Lidschluss constatirt (wobei ein tiefes entotisches Geräusch vernommen wird), glaubt, der Muskel bewirke eine Accommodation des Trommelfelles für die höchsten nicht mehr musikalischen Töne (ähnlich wie der Tensor für die musikalischen). Diese höchsten Töne erklingen daher bei diesem Versuche stärker.

Pathologisches.

Pathologisches. Unnachgiebigkeit der Gehörknöchelchen durch schwielige Adhäsionen oder Verwachsen ihrer Gelenke (Ankylosen) haben entsprechend der verminderten Schwingungsfähigkeit Schwächung des Gehöres zur Folge; ebenso Verwachsungen festerer Art des Stapes in der Fenestra ovalis. Bei Contracturen des Tensor tympani hat man dessen Sehne durchschnitten. Ueber die Lähmung des Tensor siehe pg. 675, über die des Stapedius pg. 680, 5.

413. Tuba Eustachii. Paukenhöhle.

Function der Tuba.

Die Tuba (Fig. 177 T.E und Fig. 179) hat die Function, die Luft im Innern der Paukenhöhle durch Herstellung einer Communication mit der äusseren Luft (zunächst des Rachens) in gleichem Dichtigkeitsgrade mit letzterer zu erhalten. Denn nur unter dieser Bedingung ist das normale Schwingen des Trommelfelles möglich. Die Tuba ist für gewöhnlich geschlossen, indem die Schleimhautwände unter Bildung einer mit etwas Secret benetzten capillaren Spalte aneinander liegen (etwa wie die Wände der Harnröhre); beim Schlingen jedoch wird durch den Zug der sich an den knorpeligen Theil der Tuba inserirenden Fasern des M. tensor veli palatini (Sphenosalpingo-staphylinus) der Canal bis zur Eröffnung dilatirt (Toynbee, Politzer, Moos) (vgl. pg. 260, 2). Da die Tuba geschlossen ist, so können die Schwingungen des Trommelfelles sich ungeschwächter auf die Gehörknöchelchen übertragen, als wenn bei offener Tuba bei den Schwingungen Luft durch dieselbe entwiche (Mach und Kessel). Wäre jedoch die Paukenhöhle dauernd verschlossen, so würde die Luft in derselben alsbald so verdünnt werden (vgl. pg. 258), dass das Trommelfell nach innen gezogen würde unter abnormer Spannung desselben, wodurch Schwerhörigkeit bewirkt würde.

Geräusch in der Tuba beim Schlingen.

Vollführt man langsam den Schlingact im Rachen unter Anspannung des Gaumentensors, so hört man deutlich ein scharfes zischendes bis hellknackendes Geräusch (welches mir am ähnlichsten klingt, wie wenn ich bei geschlossenem Munde durch Verschieben der Zunge Speichel durch die Lücken der Schneidezähne presse), welches von der Abhebung der befeuchteten Tubawände von einander herrührt. Auch ein Anderer kann durch Anlegung seines Ohres oder durch ein Hörrohr dieses Geräusch vernehmen. Ich höre übrigens bei mir bei jeder Schluckbewegung dieses helle fast metallisch knisternde Geräusch durch. Man hat es früher irrthümlich für ein Knacken der Gehörknöchelchengelenke durch Wirkung des Tensor tympani gehalten, (das Trommelfell bleibt jedoch völlig ruhig).

Presst man bei geschlossener Mund- und Nasenhöhle stark, so tritt die Luft in die Tuba. Hierbei höre ich zuerst dasselbe Geräusch, dann fühle ich plötzlich die vermehrte Spannung der Trommelfelle durch den Eintritt der Luft in die Paukenhöhle (Valsalva'scher Versuch). Bei forcirter Inspiration bei

geschlossener Mund- und Nasenöffnung erfolgt der umgekehrte Luftzug unter schliesslicher Einziehung der Trommelfelle.

Sonstige Ansichten über die Function der Tuba.

Es sollen übrigens auch noch die übrigen Ansichten über das Verhalten der Tuba mitgetheilt werden: Nach Rüdinger ist die Tuba stets offen, allerdings nur mittelst eines sehr dünnen Ganges im oberen Theile des Canales; beim Schlingen wird die Röhre weiter dilatirt. — Nach Cleland soll die Tuba für gewöhnlich offen stehen und beim Schlingen geschlossen werden. — Die Angabe älterer Forscher (Sims und Cesar Bressa), dass man beim aufmerksamen Lauschen den Mund öffne, damit die Schallwellen durch die Tuba freier eindringen könnten, ist irrthümlich, da das Offenhalten nur deshalb statthat, um die Athmungsgeräusche an den Nasenlöchern auszuschliessen, die das Lauschen stören würden. Auch die Angabe, dass die Tuba zum Hören der eigenen Stimme geschaffen sei, ist offenbar irrthümlich, da wir unsere Stimme nicht anders hören, als die eines in unserer Nähe Sprechenden. Dagegen soll die eigene Stimme betäubend intensiv gehört werden, im Momente, wenn die Tuba durch Eintreiben von Luft eröffnet wird, wobei die Stimme wie im Ohre selbst zu erklingen scheint (Grünhagen).

Function der Paukenhöhle.

Die Paukenhöhle bildet für die Gehörknöchelchen und ihre Muskeln eine schützende Umhüllung; ihr, durch die Communication mit den Warzenfortsatzzellen vergrösserter, Luftgehalt gestattet dem Trommelfell freie Schwingung.

Unzulässigkeit sonstiger Functionen.

Die Annahme, dass die Paukenhöhle durch Resonanz die Schallschwingungen, die das Ohr treffen, verstärke behufs feineren Hörens, muss als irrig bezeichnet werden. — Dass ferner die Luft der Paukenhöhle ihre Schwingungen auf die Membran des runden Fensters übertragen könne, muss zwar zugestanden werden (pg. 844, 3), doch kommt beim normalen Hören diese sehr schwache Leitung gegenüber der Leitung durch die Gehörknöchelchen nur wenig in Betracht.

Nerven in der Paukenhöhle.

Die Paukenhöhle ist ausserdem noch der Sitz des Plexus tympanicus, der sich auf dem Promontorium der inneren Wand der Höhle verbreitet, und ferner läuft zwischen Hammerstiel und langem Ambosschenkel die Chorda tympani. Ueber den ersteren ist pg. 683, über letztere pg. 677 nachzusehen. Beide können bei Erkrankungen der Paukenhöhle gereizt, oder noch häufiger gelähmt werden, was mit wichtigen, an den angeführten Stellen nachzusehenden Symptomen verknüpft ist.

Bau der Schleimhaut.

Tuba und Paukenhöhle haben eine zusammenhängende Schleimhaut; die in der Pauke liegenden Theile werden von der Mucosa überkleidet. Das Epithel ist aus flimmernden Cylinderzellen bestehend; das Trommelfell hat ein einschichtiges Plattenepithel. Traubenförmige Schleimdrüschen fanden Tröltsch und Wendt in der Schleimhaut.

Pathologisches.

Pathologisches. Unter den Erkrankungen der Tube soll hier die Verstopfung bei chronischen Katarrhen und die Verengerung durch Narben, Schleimhautwucherungen oder Tumorendruck erwähnt werden. Die hierdurch bedingte Schwerhörigkeit kann oft beseitigt werden durch den von den Nasenlöchern her bewirkten Katheterismus der Tube. — Ergüsse und Eiteransammlungen in der Paukenhöhle müssen natürlich die normale Function aller in der Paukenhöhle liegenden schallleitenden Apparate aufheben. Die Entzündungen haben aber auch oft nachtheilige Folgen auf die vorhin benannten Nerven in der Paukenhöhle. Ausserdem kann bei fortschreitender Zerstörung durch Caries des Felsenbeines von der Paukenhöhle aus schliesslich sogar lebensgefährliche Mitentzündung zunächstliegender Gehirntheile erfolgen.

414. Schallleitung im Labyrinthe.

Uebertragung der Schwingungen auf das Labyrinthwasser.

Die Schwingungen der in der Fenestra ovalis beweglich eingefügten Trittplatte des Stapes erzeugen in dem Labyrinthwasser Wellen und zwar sogenannte Beugungswellen, d. h. das Labyrinthwasser weicht in toto aus vor einem jeden Stosse des Steigbügels. Das Ausweichen des Wassers ist nur dadurch ermöglicht, dass an einer Stelle eine nachgiebige Membran, die Membrana fenestrae rotundae, sive tympani secundaria beim Ausweichen des Wassers durch den Stoss gegen die Paukenhöhle ausgebuchtet werden kann (Fig. 177r). Diese Beugungswellen, welche nach Zahl und Intensität den Schwingungen der Gehörknöchelchen entsprechen müssen, werden nun die im Labyrinthwasser frei flottirenden Enden des Acusticus erregen müssen.

Leitung durch die Schnecke.

Da mit den Vorhofssäckchen, deren Wasser zuerst den Stoss erhält, nach vorn die Schnecke, nach hinten die halbcirkelförmigen Canäle in Verbindung stehen, so wird sich die Bewegung des Wassers durch diese Canäle hindurch fortpflanzen müssen. Für die Schnecke läuft die Bewegung vom Sacculus (hemisphaericus) die Scala vestibuli hinauf bis zur Schneckenkuppel, hier durch das Helikotrema in die untere, Scala vestibuli, gegen deren Ende die Membran des runden Fensters nun die ausweichende Bewegung machen kann. Vom Utriculus (Sacculus hemiellipticus) aus wird in ähnlicher Weise die ausweichende Bewegung des Wassers durch die halbcirkelförmigen Canäle erfolgen. So sah z. B. Politzer das Labyrinthwasser in den oberen aufgebrochenen Bogengang hinaufsteigen, als er durch Reizung des Trigeminus eine Contraction des Tensor tympani bewirkte, die ja ebenfalls die Steigbügelplatte gegen das Labyrinthwasser drängen muss, wie jede Schallschwingung des Trommelfelles.

Leitung durch die halbcirkelförmigen Canäle.

415. Bau des Labyrinthes und die Endigungen des Hörnerven.

Schema des Labyrinthes.

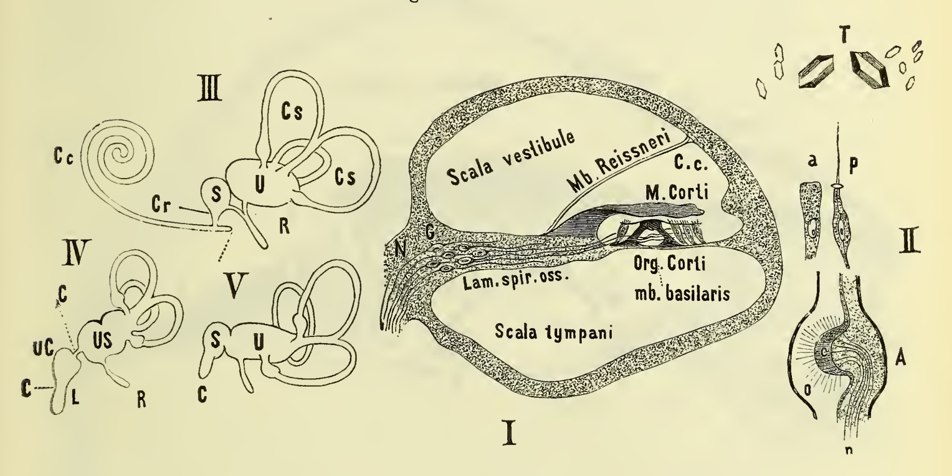
Das Labyrinth (Fig. 180 III) besitzt in seinem Vorhofe zwei von einander getrennte Säckchen, von denen das runde (Sacculus oder S. hemisphaericus (S) genannt) mit dem Ductus cochlearis (C c) der Schnecke in Verbindung steht, das elliptische (Utriculus s. Sacculus hemiellipticus) (U) mit den halbcirkelförmigen Canälen (Cs, Cs). — Der aus $2^1/_2$ Windungen bestehende gesammte Binnenraum der Schnecke wird durch eine horizontale (innen knöcherne, aussen häutige) Scheidewand (Lamina spiralis ossea et membranacea) in zwei Etagen getheilt (Fig. 177; Fig. 180 I): Die untere Etage ist die Scala tympani und wird von der Paukenhöhle durch die Membran des runden Fensters abgegrenzt; die obere Etage ist die Scala vestibuli, welche zum Vorhofe des Labyrinthes führt (Fig. 180 I). Oben in der Kuppel der Schnecke stehen diese beiden Etagen der Schnecke durch eine kleine Oeffnung (Helikotrema) mit einander in directer Verbindung (Fig. 177). Vom Raum der oberen Etage ist noch durch die schräg gestellte Reissner'sche Membran (Fig. 180 I), welche den äusseren unteren Winkel überbrückt, ein kleiner Separatraum (Ductus sive Canalis cochlearis) abgeschieden (C c), dessen Boden grössten-

Schnecke. Scala tympani. Scala vestibuli. Ductus cochlearis.

theils die Lamina spiralis membranacea bildet, auf welch' letzterer das Corti'sche Organ, der Endapparat des Schneckennerven liegt. Der Canalis cochlearis wendet sein unterstes blindes Anfangsstück (III) dem Sacculus zu, mit welchem er durch einen feinen Canalis reuniens (C r) (Hensen) vereinigt ist. — Mit dem elliptischen Utriculus (Fig. 180 III) (U) communiciren die drei halbcirkelförmigen Canäle (C s, C s) so, dass jeder mittelst einer Ampulle, innerhalb derer die Endigungen der Ampullennerven liegen, beginnt, dass jedoch nur zwei gesonderte Ausmündungen der anderen glatten Bogenschenkel sich finden, da der hintere und obere Bogen in einen gemeinsamen Schenkel übertreten. Vom Utriculus ziehen sich häutige Ausfütterungen durch den Halbcirkel hindurch. Die dünnflüssige Perilympha, die auch in beiden Schneckenscalen ist, und die dickflüssige Endolympha füllen das ganze Raumsystem. Alle diese Räume tragen ein kurzcylindrisches Epithel.

Utriculus und Canales semi-circulares.

Fig. 180.



I Querschnitt der Schnecke. — *II A* Ampulle mit der Crista acustica; *ap* Zelle und Hörborste derselben. *T* Otolithen. — *III* Schema des menschlichen Labyrinthes. — *IV* Schema des Vogel-Labyrinthes. — *V* Schema des Fisch-Labyrinthes.

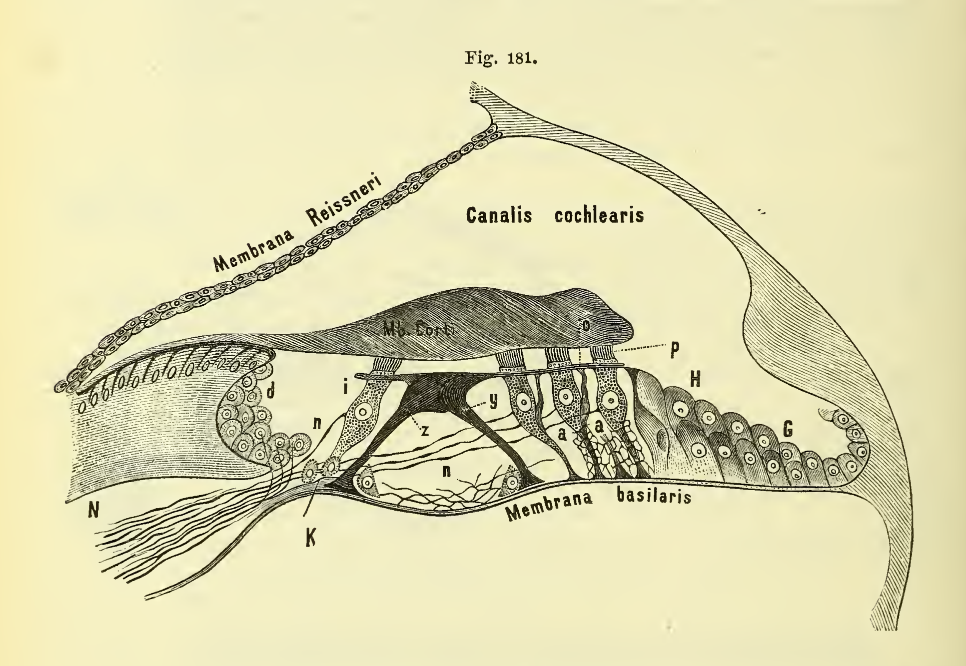
Nur das von der Endolympha erfüllte System der Hohlräume ist der Träger des nervösen Endapparates in seinem Innern. Alle diese stehen mit einander in Communication, nämlich die Bogengänge direct mit dem Utriculus, der Ductus cochlearis mit dem Sacculus durch den Canalis reuniens und endlich stehen Sacculus und Utriculus in Communication durch den Aquaeductus vestibuli, welcher mit je einem isolirten Schenkel aus den beiden Säckchen entspringt, dann sich vereinigt und durch den knöchernen Aquaeductus vestibuli zur Dura mater des Gehirnes zieht, woselbst er blind endigt (Fig. 180. III R) (Böttcher). Eine Communication mit der Perilympha existirt nicht.

Nervöser Bestandtheil des Labyrinthes.

Bogengänge und Säckchen. Die häutigen Bogengänge stehen ziemlich weit von ihren knöchernen Wandungen ab, zwischen beiden liegt reichliche Perilymphe; nur am concaven Rande sind sie durch Bindegewebe dem Knochen enger angeheftet. Die Ampullen füllen die Knochenräume wieder vollständiger aus. Bogengänge und Säckchen besitzen eine äussere gefässhaltige Bindegewebsschicht, darauf liegt innen eine Glashaut, die ein einschichtiges Plattenepithel trägt. Zu einer jeden Ampulle und jedem Säckchen sendet der Ramus

Nervenendapparate in den Ampullen. vestibularis des Acusticus je einen Ast. In den Ampullen (Fig. 180 II. A) liegt die Nervenendigung (e) auf einer gelblichen äquatorialen, in das Innere hervorspringenden Leiste (Crista acustica) (Steifensand). Die markhaltigen zutretenden Nervenfasern (n) bilden in der Bindegewebsschicht einen Plexus, verlieren gegen die Basalmembran tretend ihr Mark und endigen in Zellen mit je einer unbeweglichen starren Borste (o, p), welche der Crista aufsitzen (Hartmann) und zwischen denen indifferente, nicht selten durch gelbliche Pigmentkörnchen gefärbte Cylinderepithelien (a) sitzen. Die Borste, von M. Schultze *Hörhaare.* Hörhaar genannt, soll noch aus vielen feinsten Fasern zusammengesetzt sein

Fig. 181.



(Retzius). Eine zarteste Membran (Membrana tectoria) (Lang) ist über die *Endapparate der Säckchen.* Haare ausgebreitet. — Die Nervenendigungen in den Maculae acusticae beider Säckchen gleichen völlig den beschriebenen in den Ampullen: nur ist die freie Fläche ihrer Membrana tectoria von kleinen kreideweissen *Otolithen.* Otolithen (II. T) aus kohlensaurem Kalk belegt, welche theils amorph, theils in Arragonitform in der zähen Endolymphe verklebt liegen. Auch hier treten die marklos gewordenen Axencylinder der Säckchennerven direct in die Substanz der Borstenzellen ein. (Die Nervenendigungen in den Ampullen und den Säckchen sind vornehmlich bei Fischen (Rochen) untersucht worden.)

Schnecke. Nur der von Reissner's Membran überdachte Canalis s. Ductus cochlearis (Fig. 180 I Cc und III Cc und Fig. 181), der mit *Corti'sches Organ.* seiner Endolympha das Corti'sche Organ (1851) umgibt, birgt in letzterem die Endorgane des Nervus cochleae. Das Corti'sche Organ liegt auf der Lamina spiralis membranacea und besteht zunächst aus einem Stützapparat. Dieser setzt sich zusammen aus den sogenannten Corti'schen Bögen, von *Pfeiler.* denen jeder aus Pfeilern (z y) besteht, die wie Dachsparren gegen einander gelagert sind; doch bilden nicht stets je zwei Pfeiler einen Bogen, sondern es kommen auf drei innere zwei äussere (Claudius). Es gibt gegen 4500 äussere Bogenfasern (Waldeyer).

Der Ductus cochlearis nimmt in den aufsteigenden Windungen der Schnecke gegen die Kuppel hin an Grösse zu und ebenso auch die Länge der Pfeiler: die inneren sind in der ersten Windung 30 μ, in der obersten 34 μ lang, die äusseren entsprechend 47 μ und 69 μ. Ebenso nimmt die Spannweite der Bögen zu (Hensen). [Nach neueren Angaben sollen die Pfeiler aus zartesten Fibrillen zusammengesetzt sein und sich auf elektrische Reize contrahiren! (Lavdowsky). Als die eigentlichen Endapparate des Schneckennerven gelten nun die bereits von Corti beobachteten cylindrischen „Haarzellen" (Kölliker). Es gibt eine Reihe innerer (i), die mit ihrer Basis auf einer kleinzelligen Körnerschicht (k) (Böttcher, Waldeyer) ruhen; die äusseren festeren (a a) sind mit ihren Fussenden auf der Grundmembran befestigt und liegen in 3, beim Menschen sogar in 4—5 Reihen hinter einander. Die äusseren Haarzellen tragen einen seitlich aufsitzenden Fortsatz (Lavdowsky), der aufwärts gerichtet sich gegen die Membrana reticularis (o) stützt (diese Fortsätze wurden früher als selbstständige isolirte Zellen angesehen Deiters'sche Zellen). Die Fasern des Schneckennerven (N), welche aus der Lamina spiralis ossea hervortreten, endigen, nachdem sie eingeschaltete Ganglienzellen durchsetzt haben (Fig. 180 I g), nun mittelst feinster varicöser Fibrillen im Innern der Haarzellen, in welche sie seitlich hineintreten (Waldeyer, Gottstein, Lavdowsky).

Haarzellen.

Eine besondere Membran (o) (M. reticularis, Kölliker) bedeckt die Corti'schen Bögen und die Haarzellen, deren obere Enden mit den Haaren jedoch aus Lücken derselben hervorragen; sie besteht aus Kittmasse, welche diese Theile zusammenhält (Lavdowsky). — Es muss endlich noch der sehr weichen Corti'schen Membran Erwähnung geschehen, welche, ziemlich dick, sich von oben her über das Corti'sche Organ deckend ausbreitet. Waldeyer erkennt in ihr wohl mit Recht einen Dämpfungsapparat des Organes.

416. Qualitäten der Gehörempfindungen. — Wahrnehmung der Höhe und Stärke der Töne.

Experimentell begründeter Unterschied zwischen Klang und Geräusch.

Jedes normale Ohr ist befähigt Klänge und Geräusche als solche zu erkennen und zu unterscheiden. Die physikalischen Versuche haben nun sichergestellt, dass Klänge erzeugt werden, wenn ein schwingender elastischer Körper eine periodische Bewegung vollführt, d. h. eine solche, bei welcher innerhalb gleicher Zeitabschnitte sich derselbe Bewegungsvorgang wiederholt, wie z. B. beim Schwingen einer angeschlagenen Saite. — Das Geräusch entsteht dann, wenn der schwingende Körper nicht periodische Bewegungen vollführt, d. h. wenn in gleichen Zeitabschnitten ungleiche Bewegungen erfolgen. Der Beweis für diese Definition von Klang und Geräusch kann leicht durch die Sirene erbracht werden. Befinden sich auf der Kreisscheibe derselben im Kreise eine Anzahl (z. B. 40) Oeffnungen in genau gleichgrossen Abständen und lässt man nun bei der Rotation der Scheibe einen Luftstrom gegen die Lochreihe streichen, so wird offenbar bei jeder Umdrehung genau 40mal die Luft verdichtet und verdünnt; je zwei Verdichtungen und Verdünnungen sind durch ein gleichgrosses Zeittheilchen von einander getrennt. Bei dieser Einrichtung erklingt nun in der That ein musikalisch wohlcharakterisirter Klang. — Wenn man jedoch in einem anderen Kreise derselben Sirenenscheibe Löcher von völlig ungleicher Entfernung anbringt, so erzeugt der gegen dieselbe geblasene Luftstrom ein wirres sausendes Geräusch ohne jede Klangbeimischung,

weil eben die Bewegungen des tönenden Körpers, die Verdichtungen und Verdünnungen der Luft, unperiodisch erfolgen.

Stärke des Klanges. An einem Klange erkennt nun weiterhin das normale Ohr drei verschiedene Qualitäten desselben: — 1. Die Stärke des Klanges. Diese rührt her von der Grösse der Schwingungsexcursion des tönenden Körpers (Schwingungsamplitude), da Jedem bekannt ist, dass eine allmählich schwächer und schwächer ausklingende Saite stets entsprechend kleinere Schwingungsamplituden nachweisen lässt; [der Klangstärke entspricht bei der Gesichtswahrnehmung der Grad der Helligkeit.] *Höhe des Klanges.* — 2. Die Höhe des Klanges. Diese hat ihren Grund in der Zahl der Schwingungen, welche in einer bestimmten Zeiteinheit erfolgen (Mersenne 1636). Auch dies beweist in einfachster Weise die Sirene: Befinden sich auf derselben Scheibe in einer Reihe 40, in einer zweiten 80 gleichweit von einander entfernte Oeffnungen, so wird man beim Anblasen beider Reihen der rotirenden Scheibe zwei ungleich hohe Klänge vernehmen und zwar ist der eine um eine Octave höher gestimmt, als der andere. [Der Wahrnehmung der Tonhöhe entspricht beim Gesichtssinne die Empfindung der Farben.] — *Klangfarbe.* 3. Die Klangfarbe, welche den verschiedenen schallerzeugenden Körpern eigen ist und die man auch als Timbre des Klanges bezeichnet hat. Diese ist, wie sich erst später ergeben wird, bedingt durch die eigenthümliche Form der Schwingung des klangerzeugenden Körpers. [Für die Gesichtswahrnehmungen gibt es keine analoge Empfindung der Lichteinwirkung.]

Tonhöhe. **I. Wahrnehmung der Tonhöhe.** Durch das Gehör werden wir darüber belehrt, dass die verschiedenen Töne sich durch eine verschiedene Höhe unterscheiden. In dieser Beziehung ist dem normalgebildeten Ohre zunächst die *Tonleiter.* ein- für allemal feststehende Differenz der Tonhöhen in der sogenannten Tonleiter charakteristisch hervortretend. Sodann aber sind innerhalb der Tonleiter wiederum 4 Töne vorhanden, die, wenn sie zusammen erklingen, einem normalfunctionirenden Ohre die Empfindung eines angenehmen Wohllautes verursachen, und die sich, einmal bekannt, stets in charakteristischer Höhenunterscheidung leicht unverändert reproduciren lassen. Es sind dies die Töne des sogenannten *Accord.* Accordes, bestehend aus dem 1., 3., 5. Ton der Tonleiter, wozu sich als letzter Ton noch der 8. Ton hinzugesellt. Es ist nun die Aufgabe gestellt, die Tonhöhen zunächst der Töne des Accordes, dann auch die der übrigen Töne der Tonleiter festzustellen. Zu dem Fundamentalversuche, von dem aus die ganze Berechnung leicht hergeleitet werden kann, dient uns wieder die Sirene. Es seien auf der Sirenenscheibe 4 concentrische Kreise gezogen und es seien in dem inneren Kreise 40 Löcher eingeschlagen, in dem zweiten Kreise 50 Oeffnungen, in dem dritten Kreise 60, und endlich in dem äussersten 80 Löcher, und zwar alle Löcher unter einander in gleichen Abständen. Werden diese Lochreihen nach einander bei rotirender Sirene angeblasen, so vernimmt man die vier Töne des Accordes (Dur-Accord), werden alle vier Lochreihen *Der Dur-Accord.* gleichzeitig angeblasen, so erklingt in vollendeter Reinheit der Dur-Accord. In einfachster Weise gibt uns nun hier das Zahlenverhältniss der Löcher in den vier Reihen das Höhenverhältniss der Töne des Dur-Accordes an. Während bei einer Umdrehung der Scheibe zur Hervorbringung des Grundtones 40 Verdichtungen und Verdünnungen der Luft stattfinden, wird zur *Octave.* Erzeugung der Octave die doppelte Zahl Verdichtungen und Verdünnungen in derselben Zeit (einer Umdrehung) erfolgen müssen Das Verhältniss der Schwingungszahlen des Grundtones und der nächst höheren Octave ist also wie 1:2. — In der zweiten Lochreihe befinden sich 50 Oeffnungen, diese bewirken

die Tonhöhe der Terz; es folgt daraus, dass sich also Grundton zur Terz verhält (an unserer Scheibe wie 40 : 50) wie $1 : 1^1/_4 = {}^5/_4$, d. h. also auf je eine Schwingung des Grundtones kommen bei der Terz $^5/_4$ Schwingungen. — In der dritten Lochreihe befinden sich 60 Löcher, die angeblasen die Quinte geben; es folgt daraus ebenso, dass sich also Grundton zur Quinte verhält (in unserer Scheibe wie 40 : 60) wie $1 : 1^1/_2 = {}^3/_2$. So ist experimentell die Tonhöhe der vier Töne des Dur-Accordes bestimmt: es verhalten sich also die Schwingungszahlen der Prim, Terz, Quinte und Octave zu einander wie $1 : {}^5/_4 : {}^3/_2 : 2$.

Grosse Terz. *Quinte.*

Ebenso wie der Dur-Accord ist der Moll-Accord jedem normal gebildeten Ohre charakteristisch im Wohlklange hervortretend. Derselbe unterscheidet sich vom Dur-Accord lediglich dadurch, dass seine Terz um einen halben Ton niedriger liegt. Man kann es leicht mittelst der Sirene erhärten, dass dieser kleinen Terz eine Schwingungszahl zukommt, die sich zu der des Grundtones verhält wie 6 : 5, d. h. wenn auf den Grundton in einer Zeiteinheit fünf Schwingungen kommen, dann kommen auf die kleine Terz 6; ihre Schwingungszahl ist also $^6/_5$.

Moll-Accord. *Kleine Terz.*

Aus diesen wohllautenden Verhältnissen des Dur- und Moll-Dreiklanges lassen sich nun weiterhin mit Leichtigkeit weitere wohllautende Tonverhältnisse innerhalb der Tonleiter nachweisen. Hierbei ist zunächst der Gesichtspunkt massgebend, dass die Octave eines Tones stets völlige und vollkommenste Harmonie gibt. Dies vorausgesetzt ist es klar, dass wenn die grosse Terz, die kleine Terz und die Quinte mit dem Grundton harmoniren, dass sie alsdann auch mit der Octave des Grundtones harmoniren müssen. So leitet sich aus der grossen Terz mit der Schwingungszahl $^5/_4$ die kleine Sext $= {}^5/_8$ her; aus der kleinen Terz mit $^6/_5$ die grosse Sext $= ({}^6/_{10} =)\ {}^3/_5$; und aus der Quinte mit $^3/_2$ die Quarte $= {}^3/_4$. Man nennt dieses Verfahren „die Umkehrung des Intervalles". — Diese so festgestellten Tonverhältnisse sind sämmtliche consonirenden Intervalle der Tonleiter.

Bestimmung der übrigen wohllautenden Tonverhältnisse durch Umkehrung des Intervalles.

Aus den consonirenden Verhältnissen lassen sich nun weiter leicht die nicht consonirenden Stufen der Tonleiter nach dem folgenden Verfahren berechnen. Bekannt sind der Grundton C mit der Schwingungszahl 1, die Terz E $= {}^5/_4$, die Quinte G $= {}^3/_2$, die Octave $C^1 = 2$. — Wir construiren von der Quinte (Dominante) G einen Dur-Accord: dieser ist G, H, D^1. Das Schwingungsverhältniss dieser drei Töne ist offenbar dasselbe wie im Dur-Accord C, E, G. Es verhält sich daher die Schwingungszahl von G : H wie die von C : E. — Setzen wir in diese Gleichung die Werthe ein, so haben wir: $^3/_2 : H = 1 : {}^5/_4$; also $H = {}^{15}/_8$. — Es verhält sich aber ebenso weiterhin $D^1 : H = G : E$; also $D : {}^{15}/_8 = {}^3/_2 : {}^5/_4$; also $D^1 = {}^{18}/_8$, oder um eine Octave tiefer gesetzt $D = {}^9/_8$. — Nun construire ich von F (Unterdominante) einen Dur-Accord, nämlich F, A, C^1. Es ist hier offenbar das Verhältniss von $A : C_1 = E : G$; oder $A : 2 = {}^5/_4 : {}^3/_2$; also $A = {}^5/_3$. — Endlich ist auch $F : A = C : E$; oder $F : {}^5/_3 = 1 : {}^5/_4$; also $F = {}^4/_3$. Es haben nun also sämmtliche Töne der Tonleiter folgende Schwingungszahlen: I. C = 1, — II. D $= {}^9/_8$, — III. E $= {}^5/_4$, IV. F $= {}^4/_3$, — V. G $= {}^3/_2$, — VI. A $= {}^5/_3$, — VII. H $= {}^{15}/_8$, — VIII. $C^1 = 2$.

Bestimmung der übrigen Töne.

Man ist nun darin übereingekommen, einen Ton von 440 Schwingungen in 1 Secunde als a zu bezeichnen (Scheibler 1834), [die Franzosen nehmen für a = 435 Schwingungen an]. Hieraus ergeben sich nun durch Rechnung mit Zugrundelegung der vorstehenden Schwingungsverhältnisse folgende absolute Schwingungszahlen für die Töne der Tonleiter: C = 33 Schwingungen, — D = 37,125, — E = 41,25, — F = 44, — G = 49,5, — A = 55, — H = 61,875. Die Schwingungszahlen der Töne der nächst höheren Octave findet man sofort, wenn man diese Zahlen mit 2 multiplicirt. — Die tiefsten in der Musik angewendeten Töne sind nun Contrabass E mit 41,25 Schwingungen; Clavier C mit 33; Flügel A^1 mit 27,5 und Orgel C_1 mit 16,5. — Die höchsten Töne in der Musik geben Clavier c mit 4224 Schwingungen und die Piccoloflöte d mit 4752.

Conventionelle Feststellung der Höhe des Kammertones. *Tiefste und höchste Töne in der Musik.*

Nach neuen genauen Untersuchungen Preyer's liegt die Grenze zwischen der Wahrnehmbarkeit der Töne zwischen 16 bis 23 in 1 Secunde einerseits bis e^{VIII} mit 40960 Schwingungen

Grenzen der Wahrnehmbarkeit der Töne.

in 1 Secunde andererseits; sie umfasst somit fast $11^1/_2$ Octaven. Savart hatte früher als unterste Grenze 4 bis 8; Despretz als oberste 38016 irrthümlich angegeben.

Weniger Schwingungen als 16 in 1 Secunde (Orgelpfeifen) werden nicht mehr als Töne, sondern als einzelne dumpfe Stösse wahrgenommen. Jenseits der höchsten Töne, welche man durch Anstreichen kleinster Stimmgabeln mittels des Violinbogens erzeugt (Despretz), empfindet ebenfalls das Ohr die Schwingungen nicht mehr als Töne; sie verursachen vielmehr einen schneidend schmerzhaften empfindlichen Eindruck im Ohre. In der Tonleiter entsprechen somit die Grenzen der äussersten Töne annähernd dem C der ersten Octave mit 16,5 Schwingungen und dem e der achtfach gestrichenen Octave.

Vergleich des Ohres mit dem Auge.

Vergleicht man mit diesem Umfange der Wahrnehmbarkeit das Auge, so zeigt sich sofort, dass in Bezug auf die Breite der Wahrnehmbarkeit das Ohr dem Auge weit überlegen ist. Da nämlich das spectrale Roth gegen 456 Billionen Schwingungen in 1 Secunde macht, das sichtbare Violett jedoch nur 667 in 1 Secunde, so ist also das Auge nur für Schwingungen des Lichtäthers befähigt, die nicht einmal um 1 Octave (doppelte Schwingungszahl) aus einander liegen.

Geringste Zahl der Schwingungen, die einen Ton erzeugen.

Die Frage, wie viele Schwingungen nach einander überhaupt erfolgen müssen, damit das Ohr den Eindruck des Tones erhält, hatten Savart und Pfaundler früher irrthümlich dahin beantwortet, dass schon zwei zur Tonerzeugung genügten. Schliesst man jedoch bei Versuchen hierüber die Möglichkeit der Entstehung von Obertönen aus, so fand man, dass 4 bis 8 (Mach), ja sogar bis gegen 20 Schwingungen (F. Auerbach) zur Erzeugung eines wirklich wohl charakterisirten Tones hinter einander erfolgen müssen.

Isolirte Wahrnehmung auf einander folgender Töne.

Erfolgen Töne schnell hinter einander, so werden sie noch isolirt wahrgenommen, wenn mindestens 0,1 Secunde zwischen beiden verstreicht (Helmholtz); erfolgen sie schneller nach einander, so verschwimmen sie leicht mit einander; — doch genügt für manche Klänge eine kürzere Zwischenzeit.

Feinheit des Ohres.

Unter Feinheit des Ohres versteht man die Fähigkeit, zwei Töne von annähernd gleichen Schwingungszahlen noch als different in ihrer Höhe beurtheilen zu können. Dieses Vermögen kann durch Uebung erstaunlich geschärft werden, so dass Musiker noch Töne rücksichtlich ihrer Höhe unterscheiden können, die um $^1/_{500}$, ja selbst nur um $^1/_{1200}$ der Schwingungszahl sich unterscheiden. Es ist leichter, Unterschiede der Tonhöhen an der Reinheit musikalischer Intervalle, als bei fast unisonen Tönen festzustellen (Preyer).

Abnorme Tiefhörigkeit und Hochhörigkeit.

Pathologisches. Nach Lucae gibt es unter den Normalhörenden, besonders jedoch unter den Schwerhörenden solche, deren Ohr entweder mehr für die tieferen, oder mehr für die höheren Töne empfänglich ist; er nennt diese Tiefhörige und Hochhörige. Beides hat Nachtheile für die normale Gehörwahrnehmung der Sprache: Die Tiefhörigen nehmen nur mangelhaft die höchsten Consonantengeräusche wahr, z. B. Ch in „Kir**ch**e", — die Hochhörigen nur unvollkommen die tiefsten Consonantengeräusche, z. B. Ch in „au**ch**". Abnorme Tiefhörigkeit findet auch statt bei rheumatischer Facialislähmung, abnorme Hochhörigkeit besonders rein in Fällen von Verlust des Trommelfelles, des Hammers und Ambos. Der Stapedius soll nun das Uebergewicht haben, wodurch die höchsten Töne auf Kosten der tiefsten verstärkt wahrgenommen

werden (Lucae). — Viele Normalhörige sollen denselben Ton mit einem Ohre höher empfinden, als mit dem anderen (Fessel, Fechner), ganz auffällig fand dies v. Wittich an sich selber bei einer Ohrentzündung. — In seltenen Fällen hat man plötzlichen Verlust der Wahrnehmung gewisser Tonhöhen beobachtet, z. B. Basstaubheit (Moos).

Verschiedenhörigkeit beider Ohren. Basstaubheit.

II. Wahrnehmung der Tonstärke. In Bezug auf die Stärke des Tones ist festgestellt, dass dieselbe ihr Wesen in der Schwingungsamplitude des tönenden Körpers habe. Die Stärke des Tones ist proportional dem Quadrate der Schwingungsamplitude des tönenden Körpers, also bei zwei-, drei-, vierfacher Amplitude ist die Tonstärke 4-, 9-, 16mal so stark. Da Tonschwingungen durch die Wellenbewegung der Luft dem Ohre zugetragen werden, so ist es leicht einzusehen, dass, so wie die Wasserwellen vom Orte ihrer Entstehung fortschreitend kleiner und kleiner werden, bis sie endlich erlöschen, dass so auch mit der Entfernung des Ohres vom schallerzeugenden Körper die Tonstärke abnehmen und schliesslich gleich Null werden muss. Die Schallstärken verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate der Abstände der Schallquelle vom Ohre. Für Unterscheidung der Schallstärken ist das Ohr wenig empfindlich, es kann noch eine Unterscheidung statthaben, wenn sich die Schallstärken verhalten wie 72 : 100 (Renz und Wolff).

Empfindlichkeit für Stärke-Differenz der Töne.

Zur Prüfung der Schallstärke, welche hinreicht, um das Ohr zu erregen, bringt man: 1. eine schwache Schallquelle (tickende Uhr) in horizontalem Abstande zum Ohre an und prüft, sowohl aus der Entfernung diese annähernd, als auch aus der Nähe sie entfernend, bis wie weit der Klang noch vernommen wird. Durch einen Massstab wird der Abstand festgestellt. — 2. Itard benützt ein wie ein Pendel suspendirtes Hämmerchen, welches auf eine harte Fläche schlägt, wenn es aus der Elevation losgelassen wird. Bei zwei-, drei-, vierfacher Grösse des Elevationswinkels ist der Schall 4-, 9-, 16fach verstärkt (doch gilt dies nur, wenn die Elevation nicht über 60° geht). — 3. In ähnlicher Weise kann man Kugeln verschiedenen Gewichtes aus verschiedener Höhe auf eine schwingungsfähige Platte niederfallen lassen. Hier verhalten sich die Schallstärken proportional dem Producte aus dem Gewichte der Kugel in die Fallhöhe.

Methoden zur Prüfung der Schallstärken.

Ueber die Grenze der noch eben wahrnehmbaren Tonstärke ist ermittelt, dass ein 1 Milligramm wiegendes Korkkügelchen aus 1 Mm. Höhe auf eine Glasplatte niederfallend noch auf 5 Cmtr. Abstand gehört wird (Schafhäutl). — Mein Bruder machte die Entdeckung, dass bei Thieren Lautäusserungen vorkommen, die ihrer Schwäche wegen von unserem Ohre nicht mehr wahrgenommen werden können. Dahin gehören manche Bockkäfer (Cerambyx), die durch Reibung einer gerillten Reibplatte am Nacken gegen eine scharfe Kante der Vorderbrust Schrilltöne hervorbringen. So bringt z. B. Gracilia pygmaea den Schrillton f^{III} mit 1413 Schwingungen hervor, den man wegen seiner Schwäche nicht mehr hört. (Man berechnet die Schwingungszahl (s) des Schrilltones aus der Länge (l) der Reibleiste des Insectes in Mm., der Anzahl (n) der Rillen auf 1 Mm. und der Zeit (t) der reibenden Bewegung: $s = (l . n) : t$.) Grössere Bockkäfer erzeugen so vernehmbare Schrilltöne.

Grenze der wahrnehmbaren Tonstärke. Unhörbare Töne.

417. Wahrnehmung der Klangfarbe. Analyse der Vocale.

Unter Klangfarbe, Timbre, versteht man eine besondere Eigenschaft der Klänge, wodurch sie sich ganz unabhängig von der Höhe und Stärke unterscheiden. So kann z. B. eine Flöte, ein Horn, eine Geige und eine menschliche Stimme dieselbe Note mit gleicher Stärke angeben, und dennoch sind alle vier durch das Specifische ihrer Tonfärbung sofort erkennbar. Worin liegt nun das Wesen der Klangfarbe? Die Untersuchungen, zumal von Helmholtz, haben nun gelehrt, dass unter den tonerzeugenden Werkzeugen nur der pendelartig hin- und herschwingende (an einem Ende eingeklemmte) Metallstab und die Stimmgabel einfache pendelartige und stetige Schwingungen vollführen. Man

Wesen des einfachen Tones.

erkennt dies daran, dass, wenn man die mit einer feinen Spitze versehene Branche einer schwingenden Stimmgabel über eine berusste Fläche gleichmässig fortbewegt, dass alsdann vollkommen gleichmässige Wellenlinien mit gleichartigen Erhebungen und Vertiefungen verzeichnet werden. Nur die durch diese einfach pendelartigen Bewegungen hervorgebrachten Schallerscheinungen hat man Ton genannt.

Der Klang ein zusammengesetztes Tongebilde.

Die nunmehr zu besprechenden Untersuchungen haben weiterhin gezeigt, dass die Klänge musikalischer Instrumente und der menschlichen Stimme, denen allen eine charakteristische Klangfarbe zukommt, aus vielen einzelnen einfachen Tönen zusammengesetzt sind. Unter diesen vielen Tönen ist einer besonders hervorstechend, der zugleich die Höhelage des ganzen zusammengefügten Klanggebildes bestimmt: dieser heisst der Grundton. Die übrigen Töne, welche sich diesem Grundtone anfügen, sind für die verschiedenen Instrumente nach Zahl und Stärke sehr verschieden. Sie heissen Obertöne; ihre Schwingungszahl ist stets die 2-, 3-, 4-, 5 ... fache des Grundtones. Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass alle diejenigen Klänge, welche zahlreiche und starke Obertöne, zumal hohe, neben dem Grundtone besitzen, sich durch scharfe, einschneidende, rauhe Klangfarbe auszeichnen (z. B. Trompete, Clarinette), dass dagegen umgekehrt den Klängen mit wenigen und schwachen und zumal tiefen Obertönen Weichheit und Milde der Klangfarbe eigenthümlich ist (z. B. Flöte). Es gehört schon ein wohlgeschultes musikalisches Ohr dazu, wenn man bei Angabe eines Instrumenten-Klanges mit unbewaffnetem Ohre neben dem die Höhe bestimmenden Grundton noch den einen oder anderen Oberton heraushören will. Sehr einfach gelingt dies jedoch mit Hilfe der sogenannten Resonatoren. Es sind dies kugel- oder trichterförmige Hohlapparate, die mittelst eines kurzen Rohres in den Gehörgang gesteckt werden. Dieselben sind alle so abgestimmt, dass jeder nächstfolgende Resonator einen Eigenton von der doppelten Schwingungszahl des vorhergehenden hat. Gesetzt also z. B. der erste Resonator habe den Eigenton B (der durch Anblasen leicht gehört wird), so hat der zweite Resonator den Eigenton des b (der folgenden Octave), der dritte stimmt auf f^{I} (dreifache Schwingungszahl), der vierte auf b^{I} (der zweithöheren Octave), der fünfte auf d^{II} (fünffache Schwingungszahl), dann kommt f^{II}, — as^{II}, — b^{II} — u. s. w.

Grundton und Obertöne. *Wahrnehmung der Obertöne durch Resonatoren.*

Setzt man einen derartigen Resonator an's Ohr, so gelingt es mittelst desselben, auch den schwächsten Oberton von derselben Schwingungszahl aus einem Instrumentenklange herauszuhören. So hat Helmholtz gefunden, dass die musikalischen Werkzeuge sich je nach ihrer Klangfarbe alle durch eine bestimmte Zahl nach Höhe und Stärke vertretener Obertöne auszeichnen. Die Stimmgabel jedoch und der einfache schwingende Metallstab haben keine Obertöne, sie geben nur den alleinigen Grundton an. Man hat nun nach Helmholtz als **Ton** nur die einfach pendelartigen schallerzeugenden Schwingungen bezeichnet (Ohm); — Schallschwingungen, bestehend aus Grundton und Obertönen, werden **Klänge** genannt.

Obertöne musikalischer Werkzeuge.

Construction der Schwingungscurve eines Klanges.

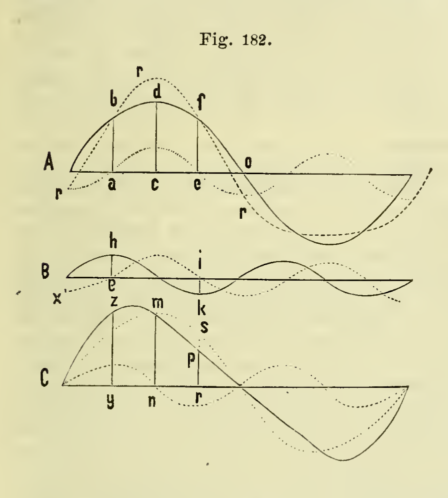
Halten wir daran fest, dass einem Klange der Grundton und eine Anzahl seine Klangfarbe bestimmender Obertöne von gewisser Intensität zukommt, so muss es gelingen, geometrisch durch Zusammensetzung der Schwingungen des Grundtones und der der Obertöne die Schwingungsform des Klanges zu construiren.

Es sei die ausgezogene Curve A die Schwingungsform des Grundtones und B die des ersten mässig schwachen Obertones. Die Zusammensetzung dieser beiden Curven geschieht einfach durch Zusammenlegung der Ordinatenhöhen, wobei die über der Horizontalen liegenden Ordinaten der Obertoncurve addirt, die unter der Linie liegenden von den Ordinaten der Grundtoncurve abgezogen werden. Hierdurch entsteht die ausgezogene Curve C, die keiner einfach pendelförmigen, sondern einer unsteten Bewegung entspricht. Zu der Curve CC kann ich eine neue Curve des zweiten Obertones mit der dreifachen Schwingungszahl hinzufügen u. s. w. Das Resultat aller solcher Zusammensetzungen ist, dass die den zusammengesetzten Klängen entsprechenden Schwingungscurven **unstete** periodische Curven sind; alle diese Curven müssen natürlich verschieden sein, je nach der Zahl und Höhe

der zusammengefügten Obertönecurven. Hat man also durch die Resonatoren Zahl und Stärke der Obertöne eines Instrumentalklanges analysirt, so kann daraus die geometrische Schwingungscurve des Klanges construirt werden.

Phasen-Verschiebung. Es muss jedoch hier noch auf einen Umstand aufmerksam gemacht werden: Es kann nämlich die Schwingungsform eines und desselben Klanges sehr verschieden sich gestalten, wenn man bei der Zusammenlegung der Curven A und B, die Curve B nur etwas seitlich verschiebt. Wird B so weit verschoben, dass das Wellenthal r unter A fällt, so ergibt die Addition beider Curven die Curve r r r mit schmalen Bergen und breiten Thälern. Verschiebt man B noch weiter, bis der Wellenberg h mit A zusammenfällt, so entsteht abermals eine andere Form. Also durch Verschiebung der Phasen der Wellenbewegungen der zusammenzulegenden einfach pendelförmigen Schwingungen entstehen zahlreiche verschiedene Formen desselben Klanges. Auf das Ohr hat jedoch die Phasenverschiebung keinerlei Einfluss.

Fig. 182.



Dem Tone kommt also, als durch einfache pendelartige Schwingungen erzeugt, ein gleichmässiges An- und Abschwellen der Oscillationen zu, während den Klängen je nach Zahl und Stärke ihrer Obertöne eine charakteristische Art des Anschwellens und Abschwellens der Schwingungscurve eigen ist (Euler).

Zerlegung der Schwingungscurve eines Klanges. So wie es gelungen ist, die unstete Schwingungscurve eines Klanges aus mehreren einfach pendelartigen mehrerer Töne zusammenzusetzen, so gelingt es nun auch umgekehrt, jede unregelmässige Schwingungscurve eines Klanges zu verlegen. In der That hat Fourier gezeigt, dass jede complicirte unstete Schwingungscurve sich zerlegen lässt in eine Summe einfach pendelartiger Schwingungen, deren Schwingungszahlen sich verhalten wie 1 : 2 : 3 : 4 . . . Eine solche Zerlegung gelingt stets nur in einer Art. [Dahingegen kann man allerdings jede complicirte unstete Bewegung auf sehr viele Weisen in gleichfalls unstete zerlegen.] Das Resultat dieser Deduction ist also, dass in der That die Klangfarbe eines Klanges herrührt von der charakteristischen Form der schwingenden Bewegung.

Analyse der Vocalklänge. **Analyse der Vocale.** Das menschliche Stimmorgan stellt ein Blasinstrument mit schwingenden elastischen Zungen (Stimmbändern) dar (vgl. pg. 604). Bei Angabe der verschiedenen Vocale nimmt die Mundhöhle eine ganz charakteristische Gestalt an, so dass ihr Binnenraum hierdurch einen bestimmten Eigenton erhält. Hierdurch werden nun dem auf eine bestimmte Höhe angegebenen Grundtone des Stimmorganes gewisse Obertöne beigesellt, die dem Stimmklange das vocale Timbre ertheilen. Der Vocallaut ist somit die Klangfarbe eines durch das Stimmorgan erzeugten Klanges. Die Klangfarbe rührt von der jeweiligen Zahl, Stärke und Höhe der Obertöne her und letztere hängen eben ab von der Configuration der „Vocalhöhle“ (pg. 604) bei Angabe der verschiedenen Vocale.

Lässt man nun auf eine bestimmte Tonhöhe, z. B. b der Reihe nach die verschiedenen Vocale anhaltend singen, so kann man mit Hilfe der Resonatoren horchen, welche Obertöne und in welcher Stärke dem Grundtone (b) sich zur

Vocalfärbung als charakteristisch beigesellen. Nach Helmholtz ist nun, wenn die Stimme b angibt, für drei Vocale je **ein** Oberton besonders charakteristisch, nämlich für A — b^{II}; — für O — b^{I}; — für U — f. Die übrigen Vocale und die Umlaute haben je zwei besonders charakteristische Obertöne und zwar wohl deshalb, weil die Mundhöhle hierbei so formirt ist, dass der hintere umfangreichere Hohlraum derselben einen besonderen Eigenton erhält und ebenso die vordere enge Partie derselben (vgl. pg. 606, I und E). Diese je zwei Obertöne sind nun nach Helmholtz für E — b^{III} und f^{I}; — für I — d^{IV} und f; — für Ä — g^{III} und d^{II}; — für Ö — cis^{III} und f^{I}; — für Ü — g^{III} und f. Diese sind jedoch nur die ganz besonders charakteristischen Obertöne. Im Grunde genommen existiren für die Vocale fast durchgängig sehr viel mehr, die aber mehr zurücktreten.

Künstliche Zusammensetzung der Vocalklänge.

So wie es mit Hilfe der Resonatoren gelingt, den Vocal in seinen Grundton und die Obertöne zu zerlegen, so muss es auch gelingen, künstlich den Vocalklang zu erzeugen, indem man denselben durch gleichzeitiges Erklingen des stärkeren Grundtones und der schwächeren Obertöne zusammensetzt. Es gelingt dies auf folgende Weisen: — 1. In einfachster Weise kann man den Vocal so erzeugen, dass man auf eine bestimmte Note einen Vocal, z. B. A mit kräftiger Stimme in ein geöffnetes Clavier gegen die freien Saiten hineinsingt, während zugleich durch Pedal die Dämpfung gehoben wird. Sobald die Stimme plötzlich abbricht, klingt nun völlig charakteristisch der Vocal aus den Saiten des Claviers hervor. Durch die Stimme sind nämlich alle diejenigen Saiten in Mitschwingung versetzt worden, deren Obertöne (ausser dem angesungenen Grundton) in dem Vocalklange liegen; sie klingen daher noch eine Zeit lang nach, nachdem schon die Stimme unterbrochen wurde (Helmholtz). Dieser Versuch kann noch insofern modificirt werden, dass man nur die Dämpfung derjenigen Töne (durch Niederhalten der Tasten) aufhebt, welche als Obertöne auftreten; und so gelingt es, den Vocalklang Note für Note zu combiniren. —

1. Durch Mitschwingung angesungener Claviersaiten.

2. Durch Helmholtz' Stimmgabel-Vocal-apparat.

2. Der von Helmholtz zusammengesetzte Vocalapparat besteht aus vielen Stimmgabeln, die sämmtlich elektromagnetisch in dauernden Schwingungen erhalten werden. Die tiefste Stimmgabel gibt den Grundton B an, die übrigen der Reihe nach die Obertöne. Vor einer jeden Stimmgabel befindet sich (in veränderungsfähigem Abstande) eine Resonanzröhre, welche mittelst eines Deckels geschlossen und geöffnet werden kann. Bei geschlossener Resonanzröhre ist der Ton der vor ihr stehenden Stimmgabel nicht zu hören; wenn man aber eine oder einige Resonanzröhren öffnet, so kommen deren Töne hinreichend kräftig zum Vorschein und zwar desto stärker, je weiter man öffnet. So kann man schnell hinter einander verschiedene Zusammenstellungen des Grundtones mit einem oder mehreren harmonischen Obertönen in verschiedener Stärke hörbar machen und dadurch Klänge von verschiedener Klangfarbe (der Vocale) hervorbringen. So machte Helmholtz nun folgende Vocalzusammensetzungen für: U = B nebst schwach b und f^{I}. — O = gedämpftes B nebst stark b^{I} und schwächeren b, f^{I}, d^{II}. — A = b (als Grundton), dazu mässig stark b^{I} und f^{II}, und stark b^{II} und d^{III}. — Ä = b als Grundton, daneben b^{I} und f^{II} etwas stärker (als für A), d^{II} stark, b^{II} schwächer, d^{III} und f^{III} möglichst stark. — E = b als Grundton mässig stark, daneben b^{I} mässig, ebenso f^{I}, dabei f^{III} as^{III} b^{III} möglichst stark. — I gelingt so nicht zu erzeugen. — 3. G. Appunn hat einen Vocalapparat aus Orgelpfeifen zusammengesetzt. Es sind 20 offene starkklingende Pfeifen vom Grundton bis zu den 19 folgenden Obertönen und ebenso 20 gedackte schwachklingende, die auf einer besonderen Windlade in zwei Reihen stehen. Durch Schieber kann jede Pfeife geöffnet und geschlossen werden; ein Hauptschieber am Eingang der Windlade gestattet, dass alle geöffneten Pfeifen zugleich ertönen. Die zwei Pfeifenreihen machen eine dreifache Abstufung der Tonstärke möglich, nämlich starke Töne, wenn beide Reihen zugleich, — mittelstarke, wenn die offenen, — und schwache, wenn die gedackten Pfeifen allein ertönen. Die Bildung der Vocale steht jedoch hinter der durch Stimmgabeln zurück, weil die Pfeifen keine einfachen Töne geben, sondern schon einige schwache (zumal die ungeraden) Obertöne enthalten; sodann lässt sich auch die Abstufung der Tonstärke nicht so fein machen, als durch die Resonatoren der Stimmgabeln. Immerhin kann man aber doch einige Vocale

Künstliche Stimmgabel-Vocale.

Appunn's Pfeifen-Vocal-apparat.

sehr schön erzeugen; sie klingen überhaupt stets am besten, wenn sie recht kurz angegeben werden. So finde ich ein schönes A durch b und b^{I} schwach, — f^{II} mittelstark, b^{II} stark, d^{III} schwach und f^{III} mittel. — U erzeugt man durch B stark nebst b mittel. — Tiefes O = B und b mittel, f^{I} und b^{I} stark nebst f^{II} schwach. — Ein hohes O erklingt durch b^{I} schwach, d^{II} mittel, f^{II} und b^{II} stark, d^{III} und f^{III} schwach. — Nur unvollkommen gelingen die übrigen Vocalklänge: E = d^{II} schwach nebst b^{II} d^{III} a^{III} stark. — Ä = b^{I} f^{II} b^{II} schwach, d^{III} f^{III} mittel, as^{III} stark und a^{III} mittel. — Ö = b^{I} schwach, f^{II} b^{II} stark, f^{III} schwach, b^{III} c^{IV} d^{IV} mittel. — Ü = f^{I} f^{II} schwach, f^{III} c^{IV} stark. — I kann nicht angegeben werden; die höchste Pfeife d^{IV} gibt annähernd den Charakter von I an; ähnlich gibt die gedackte Pfeife B ein dumpfes U, und die offene B ein etwas helleres U.

Künstliche Orgelpfeifen-Vocale.

418. Thätigkeit des Labyrinthes beim Hören.

Fragt man nach der Rolle, welche das Ohr bei der Wahrnehmung der Klangfarbe spielt, so müssen wir sagen, dass gerade so wie mit Hilfe der Resonatoren ein Klang in seinen Grundton und Obertöne zerlegt werden kann, dass so auch das Ohr eine derartige Analyse der Klänge auszuüben vermag. Das Ohr zerlegt die complicirten Wellenformen der Klänge in ihre Componenten. Diese Componenten empfindet es einzeln als zu einander harmonische Töne; es kann sie bei gehörig geschulter Aufmerksamkeit einzeln zum Bewusstsein bringen, und es unterscheidet als verschiedene Klangfarben nur verschiedene Zusammensetzungen aus diesen einfachen Tonempfindungen. Es ist somit diese Zerlegung der complicirten Schwingungen der Klangfarben in einfach pendelartige Schwingungen eine sehr auffallende Eigenschaft des Ohres. Wo sind nun im Ohre die Apparate, die diese Zerlegung vornehmen? Singt man kräftig bei gehobener Dämpfung gegen die Saiten des offenen Claviers den Vocalklang A auf eine bestimmte Note (z. B. b) so bringen wir alle diejenigen, und zwar nur diejenigen Saiten in Mitschwingung, die in dem Vocalklange enthalten sind. Wir müssen nun annehmen, dass auch im Ohre analog wirksame mitschwingende Apparate sich finden, die abgestimmt sind für gewisse Tonhöhen, und die also bei Angabe eines Klanges gerade so mitschwingen wie die Saiten des Claviers. „Könnten wir nun jede Saite eines Claviers mit einer Nervenfaser so verbinden, dass die Nervenfaser erregt würde und empfände, so oft die Saite in Bewegung geriethe, so würde in der That genau so, wie es im Ohr wirklich der Fall ist, jeder Klang, der das Instrument trifft, eine Reihe von Empfindungen erregen, genau entsprechend den pendelartigen Schwingungen, in welche die ursprüngliche Luftbewegung zu zerlegen wäre; und somit würde die Existenz jedes einzelnen Obertones genau ebenso wahrgenommen werden, wie es vom Ohre wirklich geschieht. Die Empfindungen verschieden hoher Töne würden unter diesen Umständen verschiedenen Nervenfasern zufallen, und daher ganz getrennt und

Klanganalyse im Labyrinthe.

unabhängig von einander zu Stande kommen. — Nun lassen in der That die neueren Entdeckungen der Mikroskopiker über den inneren Bau des Ohres die Annahme zu, dass im Ohre ähnliche Einrichtungen vorhanden seien, wie wir sie uns eben erdacht haben. Es findet sich nämlich das Ende jeder Nervenfaser des Gehörnerven verbunden mit kleinen elastischen Theilen, von denen wir annehmen müssen, dass sie durch die Schallwellen in Mitschwingung versetzt werden" (Helmholtz).

Klanganalyse durch die Schnecke.

Früher glaubte Helmholtz, dass die Corti'schen Bögen diese für die einzelnen Töne abgestimmten und durch Mitschwingung die Nerven erregenden Apparate seien, also gewissermassen eine Claviatur darstellten. Da jedoch die Amphibien und Vögel, welche sicherlich musikalische Klänge zu empfinden vermögen, keine Bögen besitzen (Hasse), so hat man die gespannten radiären Fasern der Membrana basilaris (auf welchen das Corti'sche Organ ruht), und welche in dem ersten Schneckengang am kürzesten sind, und gegen die Schneckenkuppel hin länger werden, als diese mitschwingenden Saiten aufgefasst (Hensen). So entspricht also jedem möglichen einfachen Tone eine mitschwingende saitenähnliche Faser der Basilarmembran. — Nach Hensen könnten wohl auch die verschieden langen Haare im Labyrinthe diesen Zwecken dienen. —

Obige Annahme genügt auch zur Erklärung der Perception der Geräusche.

Viele derselben lassen sich oft in ein Gewirr einzelner echter Töne zerlegen. Von den echten Geräuschen im physikalischen Sinne muss man annehmen, dass sie ähnlich wie einzelne Stösse durch die Säckchen und die Ampullen wahrgenommen werden.

Bedeutung der Säckchen und der Ampullen.

Will man die Rollen, welche die Schnecke und Säckchen nebst Ampullen spielen, gegeneinander abwägen, so kann man sagen: Durch Säckchen und Ampullen wird überhaupt nur die Grundempfindung, die allgemeine Wahrnehmung des Hörens als Erschütterung des Gehörnerven (also auch durch Stösse und Geräusche) erregt — durch die Schnecke hingegen nehmen wir die Höhe und Tiefe der Schwingungen und den musikalischen Charakter der Tonschwingungen wahr.

Beziehungen der halbcirkelförmigen Canäle zum Körpergleichgewicht und zu den Augenbewegungen.

Die Beziehungen der halbcirkelförmigen Canäle zum Körpergleichgewichte sind beim N. acusticus pg. 682 behandelt. — Es soll nach den neuesten Versuchen von Cyon hier noch erwähnt werden, dass Reizung des horizontalen Canales horizontalen — des hinteren, verticalen — und des vorderen, diagonal gerichteten Nystagmus der Augen (vgl. pg. 666) zur Folge hat. Die Reizung eines Acusticus bewirkt rotirenden Nystagmus und Axendrehung des Thieres nach der gereizten Seite.

419. Gleichzeitige Einwirkung zweier Töne.

Harmonie — Schwebungen — Disharmonie — Differenztöne.

Wenn zu gleicher Zeit zwei verschieden hohe Töne zum Ohre gelangen, so verursachen dieselben, je nach der Höhendifferenz beider, verschiedenartige Empfindungen.

Vollkommene Consonanz.

1. Verhalten sich die Schwingungszahlen beider Töne zu einander wie die Vielfache zur Einfachen, also wie 1 : 2 : 3 : 4, so dass also, wenn der tiefere Ton eine Schwingung macht, der höhere 2, oder 3, oder 4 . . . . vollführt, so entsteht für unser Ohr der Eindruck vollendeter Harmonie oder Consonanz.

Interferenz der Tonschwingungen.

2. Stehen die Schwingungszahlen beider Töne nicht in dem Verhältnisse der Einfachen zur Vielfachen, so müssen offenbar, wenn beide Schwingungen gleichzeitig erfolgen, Interferenzen entstehen. Es kann natürlich nun nicht mehr stets Wellenberg mit Wellenberg, und Thal mit Thal zusammenfallen, sondern entsprechend der Grösse der Differenz beider Schwingungszahlen muss es an gewissen Stellen zum Zusammentreffen von Wellenberg und Wellenthal kommen. Hierdurch wird also allemal, wenn Wellenberg und Wellenberg zusammenfallen, eine Verstärkung der Tonwirkung statthaben, wenn aber Wellenberg und Wellenthal sich treffen, eine Schwächung. Hierdurch entsteht der Eindruck von Schwankung der Tonintensität, die man als Stösse oder Schwebungen (Battements) bezeichnet hat.

Stösse oder Schwebungen.

Zahl der Stösse oder Schwebungen.

Die Zahl der Schwebungen ist natürlich stets gleich der Differenz der Schwingungszahlen der beiden Töne. Man nimmt die Stösse am deutlichsten wahr, wenn man zwei tiefe Unisono-Töne, z. B. von Orgelpfeifen, um etwas verstimmt. Man habe zwei Orgelpfeifen, die jede C mit 33 Schwingungen in 1 Secunde angibt. Verstimmt man die eine Pfeife der Art, dass sie 34 Schwingungen in 1 Secunde macht, so wird man jede Secunde einen deutlichen Stoss vernehmen. — Es ergibt sich weiterhin sehr leicht, dass die Stösse oder Schwebungen um so seltener auftreten, je geringer die Differenz der beiden Schwingungszahlen ist, um so häufiger jedoch, je grösser diese Differenz ist. — Es sind weiterhin aber auch natürlich bei gleicher relativer Höhendifferenz beider Töne die Stösse um so spärlicher, je tiefer die beiden Töne liegen — und um so häufiger, je höher beide sind. Wenn z. B. der Ton c mit 66 Schwingungen erklingt und ein zweiter mit 68 in 1 Secunde, so müssen offenbar 2 Stösse in 1 Secunde erfolgen (während im vorherigen Beispiele bei gleicher relativer Höhendifferenz nur 1 Stoss vernommen wird).

Verschiedene Empfindungen der Schwebungen:

Die Stösse oder Schwebungen bringen nun aber weiterhin auf unser Ohr einen sehr verschiedenartigen Eindruck hervor, und zwar je nach der Schnelligkeit, mit welcher sie hintereinander erfolgen.

1. als isolirt erfolgende Stösse.

1. Erfolgen dieselben in grossen Zeitabständen hintereinander, so kann man dieselben völlig isolirt als einzelne Verstärkungen mit nachfolgenden Schwächungen wahrnehmen, sie bewirken somit die Empfindung völlig isolirter Stösse.

2. als Disharmonie,

2. Wenn die Stösse schneller aufeinander erfolgen, so ruft die hierdurch bewirkte Ungleichmässigkeit die Empfindung des Rauhen, Wirren hervor, welches wir als disharmonische Empfindung bezeichnen. Der höchste Grad unbehaglicher, peinlicher Disharmonie findet statt, wenn innerhalb 1 Secunde 33 Schwebungen erfolgen.

Das intensiv Unangenehme dieser Empfindung kann man passend mit dem unangenehmen Eindrucke des Flackerns eines Lichtes vor dem Auge vergleichen. Es ist ersichtlich, dass diese höchste Disharmonie bei 2 Tönen in tiefer Lage bei einer viel grösseren Höhendifferenz erfolgen muss, als bei 2 Tönen in hoher Tonlage.

3. als Fortschreiten zu harmonischeren Verhältnissen.

3. Erfolgen die Schwebungen durch eine Zunahme der Differenz der Schwingungszahlen beider Töne häufiger (als 33 in 1 Secunde), so nimmt die Empfindung der grellen Disharmonie allmählich wieder ab, und zwar umsomehr, je häufiger die Schwebungen erfolgen. Die Empfindung schreitet dann von mässig disharmonischen Tonverhältnissen (die in der Musik eine Auflösung in den nachfolgenden Tonverhältnissen verlangen), zu mehr und mehr consonirenden, bis zu wohllautenden hinüber. Diese Tonverhältnisse sind nacheinander die Secunde, Septime, kleine Terz, kleine Sext, grosse Terz, grosse Sext, Quarte, Quinte.

Da wie gesagt 33 Schwebungen in 1 Secunde die höchste Disharmonie verursachen, so ist ersichtlich, dass zur Entstehung von Disharmonie in tiefen Tonlagen die Töne in der Tonleiter weiter von einander entfernt liegen müssen, als in hohen Tonlagen. In tiefen Tonlagen kann so schon leicht die grosse Terz disharmonisch klingen; in hohen Tonlagen klingen hingegen selbst nahe bei einander liegende Töne deshalb viel weniger disharmonisch, weil die Zahl der Schwebungen wegen der grossen Schwingungszahlen sehr bald die Zahl 33 weit übertreffen muss. Es klingen daher ganz im Allgemeinen wenig harmonische Musikgänge in hohen Lagen sehr viel weniger disharmonisch als in tiefen.

Wirkung zweier Klänge.

4. Ganz ähnlich wie mit zwei einfachen Tönen verhält es sich mit zwei Klängen, welche gleichzeitig das Ohr treffen. Bei diesen kommen aber nicht allein die die Höhen bestimmenden Grundtöne in Betracht, sondern auch die Obertöne. Der Grad der Disharmonie zweier Klänge ist daher um so hervorstechender, je mehr die beiden Grundtöne und die Obertöne (und endlich die Differenztöne, von denen nunmehr die Rede sein wird) Schwebungen von gegen 33 in 1 Secunde hervorrufen.

Differenztöne.

5. Endlich können zwei gleichzeitig erklingende Töne oder Klänge noch zu Bildung neuer Töne Veranlassung geben, wenn sie gleichzeitig und gleichmässig in entsprechender Stärke erklingen. Man hört nämlich ausser diesen beiden Primärtönen oder Klängen bei gespannter Aufmerksamkeit einen dritten neuen Ton, der die Schwingungszahl hat gleich der Differenz beider Primärtöne. Man nennt diese Töne Differenztöne [oder Andreas Sorge'sche (1740) oder Tartini'sche Töne].

Differenztöne höherer Ordnung.

Erklingen z. B. 2 Töne im Verhältniss der Quinte (2 : 3), oder der Quarte (3 : 4), oder der Terz (4 : 5), so hört man zugleich als Differenzton den Grundton = 1. — Klänge, die reich an Obertönen sind, lassen sogar noch Differenztöne höherer Ordnung vernehmen. Lässt man z. B. die Terz (zweier Metallzungenklänge) in höherer Lage, nämlich 16 : 20 (= 4 : 5) erklingen, so hört man als ersten Differenzton leicht den Ton = 4 (Grundton). Dieser Ton

4 bildet aber mit 16 abermals einen Differenzton 2. Ordnung, nämlich = 12. Ja mit Hilfe von Resonatoren vernimmt man noch sogar den Differenzton dritter Ordnung, nämlich 12 — 4 = 8. —

Summationstöne existiren nicht.

Man hatte früher angenommen, dass ebenso auch neue Töne entstehen könnten durch Addition ihrer Schwingungszahlen (sog. Summationstöne), allein dieselben haben sich als Differenztöne höherer Ordnung erwiesen (Appunn, Preyer).

Bei gleichzeitig angegebenen Klängen kommt auch noch die etwaige Harmonie der Differenztöne in Betracht. Im Dur-Accorde consoniren diese, — im Moll-Accorde findet Dissonanz der Differenztöne statt (Helmholtz). Daher trägt ersterer den Charakter des Bestimmten, Fertigen, Befriedigenden, während letzterer in dem Gefühle des Unbefriedigenden, Trüben, Ringenden, welches er erregt, die Lösung in bestimmtere harmonischere Verhältnisse erwünscht erscheinen lässt.

420. Gehörswahrnehmungen.

Objectives und subjectives Hören.

Verlegung der Acusticus-Erregung nach Aussen.

Werden die Erregungen der Nervenendigungen im Labyrinthe durch einen psychischen Act auf die vorhandene Schallquelle in der Aussenwelt bezogen, so entsteht die objective Gehörswahrnehmung. Es werden indess nur solche Erregungen nach aussen versetzt, welche durch Schwingungen der Luft auf das Trommelfell übertragen werden. Dies wird dadurch bewiesen, dass man beim Tauchen unter Wasser, bei gefüllten äusseren Gehörgängen, alle Schallschwingungen wie im Kopfe selbst entstanden empfindet (Ed. Weber); ebenso die eigene Stimme bei festverstopften Gehörgängen, sowie auch die durch die Kopfknochen geleiteten Schallwellen. — Ueber die Richtung, aus der der Schall kommt, gibt die jeweilige Stellung beider Gehörgänge gegen die Schallquelle hin Anhalt, namentlich, wenn zeitweilig durch Wenden des Kopfes diese Richtung ausgekundschaftet wird. Die Stellung der Ohrmuscheln, die wie Fangtrichter der Schallstrahlen functioniren, ist für die Taxirung der Richtung, aus welcher diese kommen, natürlich wichtig. Denn nach Ed. Weber unterscheidet man viel schwieriger die Schallrichtung, wenn die Muscheln fest dem Kopfe unmittelbar angedrückt gehalten werden. Setzt man ferner nach ihm beide Hohlhände so vor die Muscheln, dass sie nach hinten offene Höhlungen abgeben, so hält man einen von vorn her erklingenden Schall leicht für einen aus rückwärts liegender Richtung kommenden. — Ueber die Entfernung der Schallquelle gibt die Stärke der Schwingungen Anhalt, die wir bei bekannten Schallarten durch die Gewöhnung zu bestimmen gelernt haben; doch sind vielfache Täuschungen nicht ausgeschlossen.

Wahrnehmung der Schallrichtung.

Wahrnehmung der Schallentfernung.

Subjective Gehörsempfindungen.

Zu den subjectiven Gehörsempfindungen gehören: das Nachklingen, zumal intensiver und anhaltender Klänge, das Ohrensausen und Ohrenklingen, welches häufig in einer abnormen Blutbewegung im Ohre begründet ist. — Entotische Wahrnehmungen, die von Vorgängen herrühren, die innerhalb des Ohres selbst erfolgen, sind das Hören des Pulsschlages in den umgebenden Arterien, zumal, wenn man mit geschlossenem Gehörgange einer festen Unterlage aufliegt, — knurpsende und knackende Geräusche im Kiefergelenke, — das Geräusch durch Muskelzug an der Tuba (pg. 584) und bei Ein-

Entotische Wahrnehmungen.

dringen von Luft in dieselbe, oder bei Einwärts- oder Auswärtspressen der Trommelfelle.

Erregung des Gehöres durch heterologe Reize. Der Gehörapparat kann ausser durch Schallschwingungen auch noch durch andere heterologe Reize erregt werden. Mechanisch wird er erregt bei plötzlichem Schlag oder Stoss gegen das Ohr. Setzt man luftdicht die Fingerspitze in den Gehörgang und macht eine zitternde Bewegung, so vernimmt man durch die Verdichtung und Verdünnung der Luft im äusseren Gehörgange ein singend klingendes Geräusch. — Ueber die Erregung durch Elektricität und über pathologische Erregungszustände ist pg. 681 berichtet.

421. Vergleichendes. Historisches.

Fische. Die niedrigsten Fischformen, die Cyclostomen (Neunaugen), besitzen nur ein borstentragendes otolithenhaltiges Säckchen mit zwei Bogengängen; die Myxinoiden haben sogar nur einen Bogengang. Die meisten übrigen Fische führen jedoch den Utriculus mit drei halbcirkelförmigen Canälen in typischer Ausbildung. Die Knochenfische haben sodann die erste Andeutung des vom Sacculus ausgehenden Schneckencanales (Hasse) in der Breschet'schen Cysticula (Fig. 180 V c). Bei den Karpfen und Welsen stehen hintere Verlängerungen und Ausbuchtungen des Labyrinthes durch eine Kette von drei Gehörknöchelchen mit der Schwimmblase in Verbindung. Bei einigen härings- und barschartigen Fischen stossen blasenartige Fortsetzungen der Schwimmblase mit dem Labyrinthe entweder unmittelbar, oder doch ziemlich nahe zusammen.

Amphibien. Die Amphibien stehen im Allgemeinen im Labyrinthbau den Fischen ziemlich nahe, namentlich fehlt ihnen noch ein typischer Ausbau der Schnecke. Die meisten von ihnen (ausser Frosch) entbehren der Trommelhöhle. Es existirt nur die Fenestra ovalis (nicht auch die rotunda), welche beim Frosche durch drei Gehörknöchelchen mit dem freiliegenden Trommelfell in Verbindung steht.

Reptilien. — Bei den Reptilien gewinnt der dem Schneckencanale entsprechende Anhang des Sacculus bereits eine hervorstehendere Gestalt, bei den Schildkröten zwar noch einfach sackförmig, bei den Krokodilen aber länger, bereits etwas gekrümmt und am Ende erweitert. Bei allen Reptilien existirt zuerst auch das runde Fenster, wodurch die Schnecke mit dem Vorhof in Verbindung steht. Die Schnecke ist bereits in eine Scala tympani und Sc. vestibuli getheilt bei den Krokodilen und Vögeln. Die Schlangen haben keine Trommelhöhle. —

Vögel. Bei den Vögeln kommt es zu einer Verschmelzung beider Säckchen (Fig. 180 IV U S) (Hasse); der Schneckencanal (U C), welcher mittelst einer feinen Röhre (C) mit dem Säckchen vereint ist, ist schon länger, kann Andeutungen spiraliger Anlagerung zeigen und besitzt ein flaschenförmiges blindes Ende, die Lagena (L); (ebenso bei den Krokodilen) (Windischmann). Die Gehörknöchelchen sind bei Reptilien und Vögeln auf ein säulenartiges reducirt, welches dem Steigbügel entspricht und Columella heisst. —

Säuger. Die niedersten Säuger (Echidna, Schnabelthier) stehen der Bildung beim Vogel noch sehr nahe; die höheren Säuger jedoch zeigen den Typus der Bildung des Gehörorganes wie der Mensch (Fig. 180 III).

Wirbellose. Unter den **Wirbellosen** ist das Gehörorgan in einfachster Form bei einigen Medusen, Ringelwürmern und Weichthieren bekannt. Es ist ein rundes mit Flüssigkeit gefülltes Bläschen, an dessen Wand sich der Hörnerv mit gangliöser Anschwellung befestigt. Im Innern trägt die Bläschenwand mit Wimpern versehene Zellen (Hörzellen), welche entweder nur einen concentrisch geschichteten Otolithen, oder zahlreichere krystallinische in Bewegung erhalten. Die Otolithen bestehen aus einer organischen Grundlage, die von Kalksalzen imprägnirt ist. Bei den Medusen liegen die Gehörbläschen in dem Rande des Schirmes (Randkörper).

Mollusca. Bei den Weichthieren liegen die Gehörorgane seitlich am Schlundring und stehen bei einigen durch ein Röhrchen mit der Körperoberfläche in Verbindung (Helix). —

Crustacea. Bei den Krebsthieren finden sich theils geschlossene, theils offene Otolithensäckchen. Die mit Nerven versehenen gefiederten Gehörborsten von verschiedener Grössenabstufung tragen die Otolithen. Von demselben

Nervenstamme versorgt finden sich noch andere Hörborsten auf der Körperoberfläche, an den Fühlern und am Schwanze. Wird ein Schall in das Wasser geleitet, so sah Hensen einzelne Borsten in Vibration gesetzt werden, die gleichsam auf verschiedene Tonhöhen abgestimmt sind. Die innere Membran der Gehörblase geht bei jeder Häutung verloren und die Thiere ersetzen dann durch Sandkörnchen willkürlich ihre Otolithen. — Bei den Insecten deutet man als Gehörorgan (v. Siebold) ein Trommelfell, dem eine Tracheenblase anliegt, zwischen denen eine gangliöse Nervenausbreitung liegt. Bei den Akridieren (Grille) liegt es über der Basis des dritten Fusses, bei den Heuschrecken in den Tibien der Vorderfüsse, bei den Käfern in der Wurzel der Hinterflügel, und bei Fliegen an der Schwingkölbchenbasis. Doch sind auch in den Fühlern (H. Landois) mit gangliösen Fasern in Verbindung stehende Borsten und noch andere Gebilde als Gehörorgane gedeutet. — Bei den Cephalopoden, deren Ohr mit dem Kopfknorpel in Verbindung steht, unterscheidet man bereits die ersten Anfänge eines häutigen und knorpeligen Labyrinthes. Der Nerv tritt an eine Hornplatte oder Leiste, auf denen haartragende Epithelien die Endorgane darstellen.

Insecta.

Cephalopoda.

Historisches. Empedokles (473 v. Chr.) setzt in die Schnecke die Gehörsempfindung. Der Hippokratischen Schule ist das Paukenfell wohlbekannt; Aristoteles kennt (384 v. Chr.) die (Eustachius'sche) Trompete. Nach Cassius Felix (97 n. Chr.) soll während des Gesanges das Hören erschwert sein. Vesal (1561) beschreibt den Tensor tympani, Ingrassias (1544) den Steigbügel; er setzt die Thätigkeit des Tensor mit dem genauen Hören in Verbindung. — Cardanus (1560) erwähnt zuerst der Gehörleitung durch die Kopfknochen. Genauere Beschreibungen von feineren Ohrtheilen liefert Fallopia (1561), der den Vorhof, die halbcirkelförmigen Canäle, die Chorda tympani, die zwei Fenster, die Schnecke und den Aquaeductus beschrieb, — Eustachius († 1570) den Modiolus und die Scala ossea der Schnecke, die Tuba sowie die Muskeln der Ohrmuschel, Plater die Ampullen (1583), Casseri (1600) die Lamina spiralis membranacea cochleae. Sylvius de le Boë entdeckte (1667) das nach ihm benannte Knöchelchen, Vesling (1641) den M. stapedius. — Gassendus berichtet zuerst (1658) über die Schnelligkeit des Schalles; Follius beschreibt genauer (1645) das häutige Labyrinth und den nach ihm benannten Hammerfortsatz. — Tulpius (1641) erwägt die Möglichkeit des Luftdurchdringens durch die Ohren (bei durchlöchertem Trommelfell) [was merkwürdiger Weise Alkmäon (580 v. Chr.) bei den Ziegen als normal angibt]. Weiterhin wurde vielfach über das etwaige Vorhandensein eines normalen Loches im Trommelfell (Foramen Rivini) gestritten. Scarpa zergliederte auf's Neue das Ohr mit Meisterschaft. Berzelius untersuchte chemisch das Ohrenschmalz, Krimer das Labyrinthwasser. Nach Authenrieth sollten die drei verschieden gestellten halbcirkelförmigen Canäle den Schall aus der betreffenden Richtung wahrnehmen helfen. Die Akustik wurde wesentlich durch Chladni (1802) gefördert. — Alle neueren Arbeiten siehe im Texte.

Historisches.

Das Geruchsorgan.

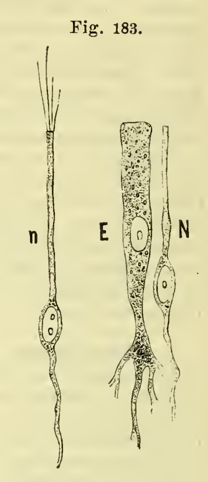
422. Bau des Geruchsorganes.

Ursprung und Verlauf des N. olfactorius sind bereits pg. 663 besprochen; über seine Beziehung zur Hirnrinde ist pg. 753, sowie Fig. 143 (pg. 749) und Fig. 144 (pg. 757) zu vergleichen. — In der Nase ist das Gebiet der Endausbreitung des Geruchsnerven die Regio olfactoria, die den oberen Theil des Septums, sowie die obere und theilweise die mittlere Muschel umfasst. Die ganze übrige Partie der Nasenhöhle wird als Regio respiratoria bezeichnet. Der Unterschied beider Regionen ist folgender: 1. Die Regio olfactoria besitzt eine dickere Schleimhaut, — 2. sie besitzt ein einschichtiges Epithel cylindrischer

Die Regio olfactoria.

Zellen (Fig. 183 E), deren oft wurzelartig verzweigte Fussenden (namentlich bei Thieren) ein gelblich bis braunrothes Pigment enthalten, wodurch — 3. die Riechregion sich durch besagte Färbung auszeichnet vor der mit Flimmerepithel bekleideten ungefärbten Regio respiratoria; — 4. sie besitzt ferner eigenthümliche keulenförmige Schlauchdrüsen (Bowman'sche Drüsen), während sonst die Schleimhaut zahlreiche acinöse seröse (Heidenhain) Drüschen führt. — 5. Endlich besitzt die Regio olfactoria natürlich die Endapparate des N. olfactorius (Max Schultze). Zwischen den langen Cylinderepithelien (E) der Oberfläche liegen die Riechzellen (N) zerstreut. Ein spindelförmiger Zellenleib mit grossem, Nucleolus führenden Kern sendet aufwärts zwischen die Cylinderzellen ein 1,8 bis 0,9 μ breites glattes Stäbchen bis zur freien Schleimhautfläche. Beim Frosch (n) trägt das freie Ende noch zarteste vorstehende Härchen. In die Tiefe der Schleimhaut geht die Riechzelle in einen varicösen feinsten Nervenfaden über, der in die Nervenfasern des Olfactorius übergeht (vgl. pg. 615). — Exner hat den Unterschied zwischen Epithel- und Riechzellen in Abrede gestellt: beide sollen mit einem horizontalen protoplasmatischen Netzgerüst, in welchem auch die Riechfasern endigen, in Connex stehen; von Brunn fand an der Riechregion noch eine homogene Grenzmembran, die allein für die Riechzellen Oeffnungen zum Durchlass bietet.

Fig. 183.



N Riechzellen vom Menschen, *n* vom Frosche, *E* Epithel der Regio olfactoria.

423. Geruchsempfindung.

Art der Einwirkung.

Die Geruchsempfindung wird vermittelt durch die Einwirkung gasförmiger duftender Substanzen, die direct mit den Riechzellen in Contact kommen, indem sie bei der Inspiration in die Nase treten. Hierbei theilt sich der Luftstrom an dem vorderen Vorsprung der unteren Muschel, so dass ein Theil oberhalb dieser letzteren, der Regio olfactoria, zugeleitet wird (Bidder). Duftende Stoffe, vom Munde aus aufgenommen und dann durch die Choanen exspirirt, sollen nicht gerochen werden (Bidder).

Der erste Moment der Berührung der riechenden Substanz mit den Riechzellen scheint der für die Empfindung wirksamste zu sein, daher man denn auch bei genauem Beriechen diese inspiratorischen Züge bei geschlossenem Munde oft schnell wiederholt: Schnüffeln. Bei letzterem verdünnt sich die Luft in den Nebenhöhlen der Nase und indem nachher die Luftdichtigkeit sich ausgleicht, vermögen die duftenden Dämpfe über die ganze Region hinwegzustreichen (Braune und Clasen). Duftende Flüssigkeiten direct mit der Schleimhaut in Verbindung gebracht (man giesst sie bei hintübergesenktem Kopf in die Nasenlöcher, während das Gaumensegel den Abfluss versperrt) wirken nicht geruchserregend, wohl deshalb, weil sie die zarten Zellen vorübergehend (durch Quel-

lung, Schrumpfung, oder chemische Einwirkung) paretisch machen, wie auch schon Wasser allein durch Quellung das Riechvermögen zeitweise unterbricht. Ueber die Natur der Einwirkung der riechenden Stoffe herrscht völliges Dunkel; bei vielen duftenden Dämpfen ist ein bedeutendes Absorptionsvermögen für Wärme beobachet (Tyndall).

Intensität der Empfindung.

Die Intensität der Empfindung hängt ab: 1. Von der Grösse der berührten Fläche, weshalb man bei Thieren mit grosser Feinheit des Geruchsvermögens (z. B. Seehund) oft erstaunlich faltenreiche, von der Riechhaut überzogene Muscheln findet. — 2. Von der Concentration des duftenden Luftgemisches; doch können manche Stoffe in wahrhaft überraschender Verdünnung (z. B. von Moschus der zweimillionste Theil eines Milligrammes) gerochen werden. — 3. Von der Häufigkeit der Zuleitung der Dämpfe zu den Riechzellen (Schnüffeln).

Ueber Abweichungen der Geruchsempfindungen siehe pg. 664. — Elektrische Reizung der Schleimhaut war bisher ohne sicheren Erfolg. Werden beide Nasenhöhlen mit verschieden duftenden Substanzen erfüllt, so erfolgt keine Mischung der Gerüche, sondern bald herrscht der eine, bald der andere vor (Valentin). Doch wird im Ganzen das Geruchsorgan schnell abgestumpft.

Die äusserst empfindlichen sensiblen Nerven der Nase (pg. 672) werden von manchen stechenden Dämpfen schmerzhaft erregt (z. B. Ammoniak, Essigsäure); sehr verdünnt wirken diese auf die Riechnerven. — Die Nase ist als Wächter für schlechte Athmungsluft und Speisen wichtig. Vielfach unterstützt der Geruch die Empfindungen des Geschmackes, und umgekehrt.

Vergleichendes.

Vergleichendes. Bei den niedersten Vertebraten stellen Grübchen, zu denen der Riechnerv tritt, den Typus des Geruchsorganes dar. Amphioxus und die Cyclostomen haben nur eine Riechgrube, alle anderen Vertebraten zwei. Bei vielen Selachiern tritt eine Verbindung der Riechgrube mit dem Munde durch eine Rinne auf. Bei den Fröschen dringen die Geruchsorgane durch kurze Gänge in die Mundhöhle. Bei den höheren Wirbelthieren entwickelt sich mit dem Gaumen die mehr und mehr selbstständig werdende Nase. Den Walen fehlt der Olfactorius. Die Cephalopoden haben wimpernde, mit Riechzellen ausgestattete Riechgruben hinter den Augen; der Olfactorius entspringt neben dem Opticus. Auch bei den Mollusken hat man wimpernde Stellen als Riechorgane angesprochen. In den Fühlern liegen die Geruchswerkzeuge der Arthropoden (Leydig), als Stäbchen, Papillen oder Leisten. Wimpernde, seichte, oder flaschenförmige Gruben, von Nerven versorgt, deutet man als die Geruchswerkzeuge höherer Würmer. Alle übrigen Thiere scheinen besonderer Organe zu entbehren.

Historisches.

Historisches. Theophrast (geb. 311) betont die stumpfe Geruchsausbildung des Menschen. Die Thiere erfreuten sich nur am Geruche ihrer Nahrung. Starke Düfte erregen Kopfschmerzen; viele duftende Salben verursachen riechenden Harn. Zwischen Geruch und Geschmack herrschen vielfache Beziehungen. — Rufus Ephesius beschreibt den Durchtritt der Riechnerven durch das Siebbein (97 n. Chr.). — Treviranus glaubte irrthümlich, dass der N. nasopalatinus Scarpae physiologisch das Geruchsorgan mit dem Geschmacksorgan verbinde. Magendie wollte anfänglich beweisen, dass die Nasenäste des Trigeminus die Riechnerven seien; dies bestritt mit Erfolg Eschricht, und Rosenmüller secirte einen Menschen mit Anosmie, dem die Olfactorii fehlten. Meisterhaft beschrieb Sömmering das Geruchsorgan, Cloquet ausführlich die verschiedenen Arten der Gerüche. Alles Neuere enthält der Text.

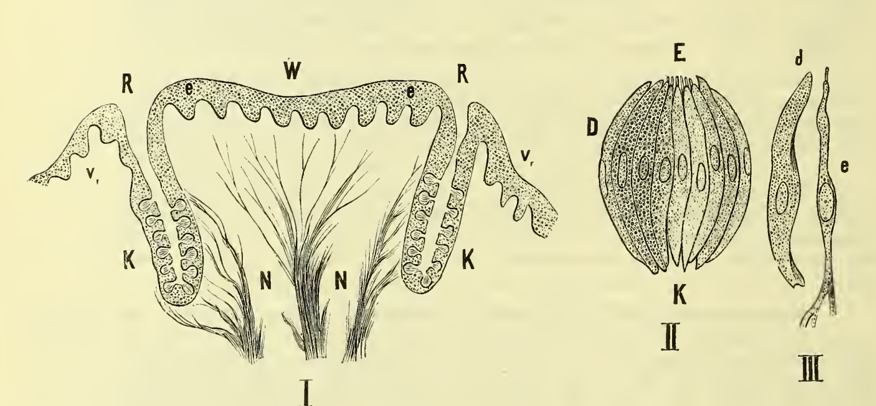
Das Geschmacksorgan.

424. Sitz und Bau der Geschmacksorgane.

Schmeckende Regionen.

Ueber den Umfang derjenigen Gegend, an welcher die Geschmacksempfindung statt hat, herrschen noch manche verschiedene Ansichten, und zwar je nachdem man verschiedenen in Betracht kommenden Nerven Geschmacksfasern zugesprochen hat, oder nicht. — 1. Unzweifelhaft ist die Zungenwurzel

Fig. 184.



I Querschnitt durch eine umwallte Papille: *W* die Papille, *v'v'* der Wall im Querschnitt; — *RR* die ringförmige Spalte; — *KK* die Geschmacksknospen in ihrer Lage; — *NN* Nerven. — *II* Isolirte Geschmacksknospe: *D* Deckstücke, *K* unteres Ende, *E* freies offenes Ende mit hervorstehenden Enden der Geschmackszellen. — *III* Isolirte Deckzelle (*d*) und Geschmackszelle (*e*).

im Bereich der Papillae circumvallatae, dem Verbreitungsbezirke des Nervus glossopharyngeus, mit Geschmack begabt (pg. 683). — 2. Auch die Zungenspitze und die Ränder (Schirmer, Klaatsch und Stich, Neumann) schmecken, jedoch mit vielfachen individuellen Schwankungen (Urbantschitsch), und so, dass oft nicht alle Arten des Geschmackes statthaben (Lussana). [Ueber die Beziehungen der Nerven zu diesen Stellen ist beim N. lingualis (pg. 674) und bei der Chorda tympani (pg. 678) nachzusehen.] — 3. Der Seitentheil des weichen Gaumens und der Arcus glossopalatinus (Joh. Müller, Drielsma, Schirmer, Klaatsch und Stich) besitzen Geschmack durch den N. glossopharyngeus; — ob aber auch 4. der harte Gaumen (Drielsma) und der Kehlkopfseingang Geschmacksempfindung besitzen, ist unsicher.

Verbreitung der Geschmacksknospen.

Als Endapparate der Geschmacksnerven gelten die von Schwalbe und Lovén (1867) entdeckten Geschmacksknospen oder Schmeckbecher. Man fand diese in den Seitenflächen der umwallten Papillen (Fig. 184 I), sich gegen die capillare Spalte RR der umgebenden Furche wendend; seltener auf der Fläche derselben und in der zugewandten Seite des Walles, ferner auf den Papillae fungiformes, in den Papillen des Gaumens, aber auch (!) auf der Unterfläche des Kehldeckels, den oberen Theilen der Kehlkopfshinterseite und der Innenseite der Aryknorpel. Im Alter sollen viele Knospen untergehen (A. Hoffmann). — Die 81 μ hohen und 33 μ dicken Knospen oder fassförmigen Schmeckbecher sind in dem dicken geschichteten Plattenepithel der Zunge eingebettet. Man unterscheidet an ihnen gebogene, lancettförmige, gekernte Deck- oder Stützzellen, die, wie die Dauben eines Fasses, die Begrenzung der Knospe bilden (Fig. 184 II D; isolirt III d). Sie umgeben gegen die freie Fläche hin eine feine Oeffnung. Umschlossen von diesen Zellen liegen in der Axe der Knospe die Geschmackszellen (II E), die theils nach oben einen freien zarten Fortsatz tragen („Stiftzellen") (III e), theils dieses entbehren („Stabzellen"). Zarteste basale Fila werden als die Verbindungsfäden zu den marklos gewordenen Geschmacksnerven gedeutet. — Die Drüsen der Zunge siehe pg. 262; — die Follikel pg. 263.

Bau der Geschmackskospen.

425. Geschmacksempfindung.

In Betreff der Art der Erregung der Geschmacksnerven sind wir seit Demokrit (469 v. Chr.), der den Geschmack von der Form der schmeckenden Atome herleitete, eigentlich um Nichts weiter gekommen. Zur Einwirkung ist nothwendig eine Lösung des Körpers in der Mundflüssigkeit, vornehmlich also der bis dahin festen, oder auch gasförmigen Substanzen. Die Intensität der Geschmacksempfindung hängt ab: 1. Von der Grösse der afficirten Fläche, wie namentlich Camerer feststellte, als er auf 1, 2, 3, 4 umwallte Papillen die schmeckende Substanz brachte. Durch Einreiben der letzteren in die Furchen und zwischen die Papillen (reibende Zungenbewegung beim Schmecken) wird die Empfindung erleichtert (vgl. pg. 693). — 2. Von grossem Einfluss ist die Concentration der Schmecksubstanz. Valentin fand folgende Reihe von Körpern, von denen die ersteren bei fortgesetzter Verdünnung am ehesten unschmeckbar wurden: Syrup, Zucker, Kochsalz, Aloë, Chinin, Schwefelsäure. Chinin kann noch 20 mal stärker verdünnt werden als Kochsalz, um noch geschmeckt werden zu können (Camerer). — 3. Die Zeit, welche verstreicht zwischen der Application der Substanz und dem Eintritt der Empfindung ist verschieden für die verschiedenen Substanzen. Am schnellsten wird Salz geschmeckt (nach 0,17 Sec., v. Vintschgau), dann süss, sauer und bitter (Chinin nach 0,258 Sec., v. Vintschgau); dieses findet auch statt aus Gemischen (Schirmer). Die letztgenannten Stoffe erzeugen den längsten „Nachgeschmack". — 4. Die Feinheit des Geschmackes ist zunächst angeboren und kann sehr geübt werden. Längeres Schmecken derselben, oder verwandter, oder sehr intensiver Schmeckstoffe stört sehr schnell das richtige Urtheil des Geschmackes. — 5. Vielfach unterstützt der Geruch den Geschmack, und es kommt so oft zu Täuschungen

Einflüsse auf die Geschmacksempfindung.

auf beiden Gebieten (Vanille, Knoblauch, Asa foetida riechen nur, — Chloroform schmeckt nur). Sogar das Auge vermag durch Erregung von Vorstellung bekannter Geschmäcke den Geschmack zu unterstützen (abwechselndes Probiren von rothem und weissem Wein mit verbundenen Augen macht schnell unsicher). — 6. Die vortheilhafteste Temperatur zum Schmecken liegt zwischen 10°—35° C.) (Camerer); heisses und kaltes Wasser heben vorübergehend den Geschmack auf.

Wirkung des elektrischen Stromes.

Der constante elektrische Strom erregt sowohl bei Schluss und Oeffnung, als auch während der Dauer des Strömens am + Pol sauere, am — Pole laugenartige, alkalische, oder richtiger herb-brennende Empfindung (Sulzer). Es kann dieses nicht von der Einwirkung der Elektrolyte der Mundflüssigkeit herrühren, denn wenn auch die Zunge mit saurer Flüssigkeit benetzt war, herrscht doch am — Pol der Laugengeschmack (Volta). Nicht abzuweisen ist die Vorstellung, dass sich an den Nervenfasern in der Tiefe Elektrolyte abscheiden, die die Fasern erregen. Schnell intermittirende Ströme verursachen keine Geschmacksempfindung (Grünhagen). Die neuesten Versuche von v. Vintschgau, der an seiner Zungenspitze nur unvollkommenen Geschmack besitzt, zeigten diesem, dass nie bei elektrischer Durchströmung der Spitze eine Geschmacksempfindung eintrat (wohl deutliche Gefühlswahrnehmung). Bei Versuchen an Hönigschmied, der normalen Geschmack der Zungenspitze hat, zeigte sich an der Spitze am + Pole häufig metallischer Geschmack, nicht selten auch säuerlicher; am — Pole fehlte oft der Geschmack, war er vorhanden, so war er fast stets alkalisch, ausnahmsweise säuerlich. Wichtig ist die Erscheinung, dass nach Unterbrechung des Stromes sich ein metallischer Nachgeschmack bei beiden Stromesrichtungen zu erkennen gab.

Pathologisches.

Krankheiten der Zunge, Zungenbelag, Trockenheit, stören oder vernichten die Empfindung. Subjective Geschmäcke kommen vor bei Geisteskranken und Nervenleidenden wohl als Reizung des psychogeusischen Centrums (pg. 753); nach Santonin-Intoxication (Rose) sah man bitteren, nach subcutanen Morphingaben bitterlichen und säuerlichen Geschmack eintreten (Beigel, Wernich, Eulenburg). Mit Hypergeusie, Hypogeusie und Ageusie bezeichnet man Steigung, Schwächung und Verlust der Geschmacksempfindungen. Mancherlei Tastempfindungen an der Zunge werden oft mit Geschmacksempfindungen verwechselt, z. B. sogenannte beissende, kühlende, prickelnde, sandige, mehlige, pappige, zusammenziehende, herbe Geschmäcke.

Vergleichendes.

Vergleichendes. Beim Rinde kommen bis 1760 Geschmacksknospen auf eine Papilla circumvallata. Als Papilla foliata wird ein grosses faltenreiches Schmeckorgan an dem seitlichen hinteren Zungentheil, z. B. des Kaninchens beschrieben (C. Mayer), das beim Menschen am hinteren Seitenrande der Zunge in den Fimbriae linguae ein aus parallelen Furchen bestehendes Analogon hat (Krause, v. Wyss). Reptilien und Vögel entbehren der Schmeckbecher; die Mundkiemenhöhle der Froschlarven ist reich an ihnen (F. E. Schulze), doch ist die Zunge des erwachsenen Frosches nur mit einem, an Geschmackszellen erinnernden, Epithel bekleidet (Billroth, Axel Key). Die becherförmigen Organe in der Oberhaut der Fische und Froschlarven (Leydig) sind den Schmeckbechern gleich gebaut und functioniren vielleicht ihnen ähnlich (F. E. Schulze). Am Gaumen des Karpfen und im Munde der Haie und Rochen fand man Geschmacksknospen. Bei allen Evertebraten konnten Geschmackswerkzeuge nicht nachgewiesen werden; vielleicht fehlen sie hier, oder sind von Tastorganen und Geruchsorganen noch nicht differenzirt.

Historisches.

Historisches. Baur beschrieb zuerst genauer den Verlauf und die Theilung der Muskeln in der Zunge. Rudolphi erklärte den Verlauf der Nerven. Richerand, Fodera, Mayo bezeichneten allein den Lingualis für den Geschmacksnerven; Magendie zeigte aber, dass nach seiner Durchschneidung der hintere Zungentheil den Geschmack behalte. — Alle neueren Untersuchungen siehe im Texte.

Der Tastsinn.

426. Endigungen der sensiblen Nerven.

Die Tastkörperchen.

1. Die Tastkörperchen (Meissner, Rud. Wagner) liegen innerhalb der Papillen der Lederhaut (pg. 521) und zwar reichlich in der Hohlhand und der Fusssohle zumal an den Fingern und Zehen (21 auf 1 □ Mm. Haut oder zu 108 auf 400 Gefässpapillen); weniger zahlreich sind sie am Hand- und Fussrücken, an der Mammilla und den Lippen, selten an der Glans clitoridis, vereinzelt an der Volarseite des Vorderarmes (auch bei anthropoiden Affen und dem Waschbär.) Ellipsoidisch, 40—200 μ lang und 60—70 μ breit, haben sie aussen

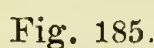
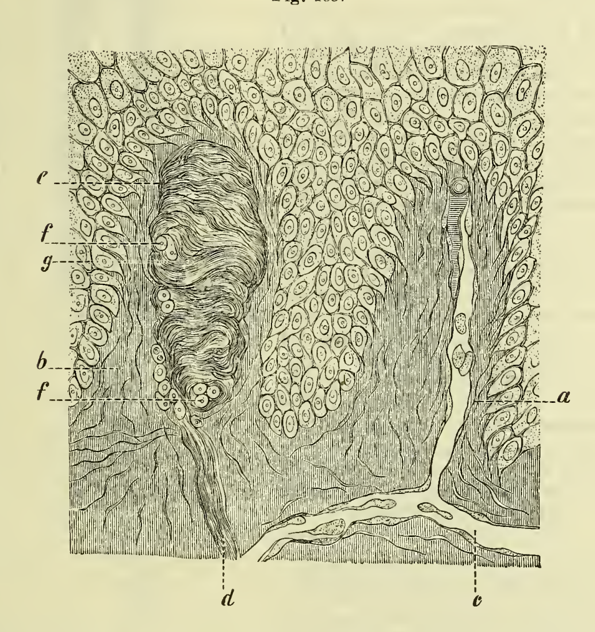


Fig. 185.



a Gefäss-, *b* Tastpapille, *c* Blutgefäss, *d* Nervenfaser, welche zum Tastkörperchen zieht, *e* Tastkörperchen, *f* querdurchschnittene Nervenfasern, *g* Zellen der Malpighi'schen Schleimschichte (nach Biesiadecki).

eine transversal gestreifte Bindegewebslage und einen feinkörnigen Inhalt mit länglichen quergestellten Kernen. Die markhaltigen Nervenfasern treten zu 1—3 an das untere Ende des Körperchens, umwickeln weiterhin einige Male rankenartig dasselbe, verlieren dann das Mark und begeben sich in 4 bis 6 Fibrillen zertheilt in das Innere. Das Ende dieser ist nicht bekannt; Krause lässt sie im Innern mit knopfförmigen Anschwellungen enden, nach E. Fischer sollen sie Schlingen bilden. Wieder andere Forscher lassen die ganze transversale Faserung aus aufgeknäuelten Nervenfibrillen bestehen (ähnlich den von Tomsa beschriebenen Nervenknäueln in der Glans penis). Endlich glauben Andere, dass die Nervenfibrillen zwischen Zellen im Innern des Körperchens endigen mit scheibenförmigen Ausbreitungen (wie sie bei den Merkel'schen Tastzellen beschrieben werden).

Vater-Pacini'sche Körperchen.

2. Die Vater'schen (1741) oder Pacini'schen Körperchen (Fig. 186), 1—2 M. lang, liegen im subcutanen Gewebe an den Finger- und Zehennerven (600—1400), in der Umgebung von Gelenken und Muskeln, an den Unterleibsgeflechten des Sympathicus, neben der Aorta abdominalis und neben der Steissdrüse, am Rücken des Penis und der Clitoris, (sowie im Mesokolon der Katze). Zahlreiche gekernte, durch Flüssigkeit getrennt gehaltene Bindegewebskapseln, an den Innenflächen von Endothelien bedeckt (Hoyer), umgeben zwiebelschalenartig den inneren homogenen Binnenkolben. Die markhaltige Nervenfaser, welche durch den bindegewebigen Stiel eintritt, lässt ihre Schwann'sche Scheide mit den Hüllen verschmelzen, verliert ihr Mark und endigt als Axencylinder entweder mit einem oder mit gabelig getheilten Enden unter leichter terminaler Anschwellung.

Fig. 186.

Vater'sches oder Pacini'sches Körperchen.
a Stiel desselben, *b* eintretende Nervenfaser, *c d* Bindegewebshüllen, *e* Axencylinder mit getheiltem Ende *f*.

Krause'sche Endkolben.

3. Die Krause'schen länglichen Endkolben (bei Säugern), 0,075 bis 0,14 lang, finden sich in der Conjunctiva bulbi, am Boden der Mundhöhle, in der Nasenschleimhaut, am Kehldeckel, an den Papillae fungiformes und circumvallatae, an der Glans penis et clitoridis. In einfachster Form gleichen sie den Vater'schen Körperchen, von denen man sich die Hüllen entfernt denken muss und dessen Axencylinder ungetheilt endet (Rind). — Die runden Endkolben beim Menschen bestehen nach Longworth und Waldeyer im Innern einer kugeligen bindegewebigen Hülse aus zahlreichen dicht gelagerten Zellen, in denen die Terminalfäden des Nerven endigen. Diese Zellen stellt Waldeyer den Merkel'schen Nervenendzellen an die Seite. — Diesen Gebilden stehen offenbar nahe die Wollust- und Gelenk-Körperchen (Krause), erstere in der Haut der Glans penis et clitoridis scheinen in verschieden hohem Grade unter einander verschmolzene Endkolben zu sein. — Die Gelenkkörperchen findet man in der Synovialis der Fingergelenke; sie sind grösser als die Endkolben, zeigen zahlreiche ovale Kerne aussen; in das Innere treten bis vier Nervenfasern ein.

Wollust- und Gelenk-körperchen.

Merkel'sche Tastzellen.

4. Die Merkel'schen Tastzellen, in dem sogenannten Wachshaut-Schnabelüberzug und in der Zunge der Enten, Gänse, ferner bei Säugern und dem Menschen in der Epidermis der Haut und in der äusseren Wurzelscheide der Tasthaare. Grosse mit rundem Kern und Kernkörperchen ausgestattete Zellen von bindegewebiger Hülle umgeben, an welche eine hüllen- und marklos gewordene Nervenfaser sich mit einer protoplasmatischen Scheibe anlagert. Man findet aber oft auch zwei oder mehrere Zellen wie Käse auf einander geschichtet und allemal zwischen ihnen die Nervenendscheibe. Sind sehr viele solcher Zellen über- und nebeneinander gelagert, so entstehen grössere Gebilde, die einen gewissen Uebergang zu den Tastkörperchen zu machen scheinen.

Sonstiche sensible Endorgane bei Thieren.

[Bei Thieren kommen noch mancherlei andere Arten von Terminalkörperchen der sensiblen Nerven vor: Die Herbst'schen Körperchen bei Vögeln, kleinen Vater'schen ähnlich, mit peripherer Längs- und innerer Querstrichelung, aber

ohne ausgesprochene Hüllenumlagerung; — die noch kleineren Grandry'schen, den langen Krause'schen Endkolben ähnlich, mit doppelter Kernreihe in der zarten Hülle, bei Vögeln, — die Tastkegel im Rüssel des Maulwurfes (Eimer) und verwandter Thiere (Mojsisovics), die Endkapseln am Penis des Igels und auf der Zunge des Elephanten (Krause), — die Tastkolben am Schnabel und der Zunge einiger Vögel (Krause, Ihlder), — die Nervenringe in den Auriculae der Maus (Schöbl).]

Cohnheim-Langerhans'sche Nervenendigung.

5. Ueber die Endigung der Nerven mittelst feinster Fibrillen mit Endknöpfchen zwischen den Hornhautepithelzellen ist pg. 770 berichtet. Aehnlich finden sie sich auch zwischen den Zellen der Epidermis (Langerhans, Podcopaew, Eberth).

427. Sensible und tactile Empfindungen.

Sensible und Tast-Nerven.

In den Gefühlsnervenstämmen liegen zweierlei functionell von einander verschiedene Nervenfasern, nämlich: — 1. solche, welche die schmerzhaften Empfindungen vermitteln, welche sensible Nerven im engeren Sinne genannt werden, und — 2. solche, welche die Tastempfindungen aufnehmen, die man daher als Tastnerven oder tactile Fasern bezeichnet. Zu den Tastempfindungen werden die Wahrnehmungen der Temperatur- und des Druckes gerechnet. Es ist im hohen Grade wahrscheinlich, dass die sensiblen und tactilen Nerven verschiedene Nervenendapparate und Fasern besitzen, und dass sie ebenso im Gehirne gesonderte Perceptionscentra haben, obwohl hierüber nichts Sicheres bekannt ist. Für diese Annahme spricht: — 1. der Umstand, dass nicht an allen mit Gefühl ausgestatteten Orten zugleich sensible und tactile Empfindungen ausgelöst werden können. Tast- (also Druck- und Temperatur-) Wahrnehmungen werden nur vermittelt durch die Bedeckungen der äusseren Haut, der Mundhöhle, des Einganges und des Bodens der Nasenhöhle, des Rachens, des Mastdarmendes, der Urogenitalmündungen; schwache undeutliche Temperaturempfindungen auch noch im Oesophagus. Dahingegen fehlen in allen Eingeweiden (wie Versuche an Menschen mit Magen-, Darm-, Blasen-Fisteln lehren) die Tastempfindungen; hier kann nur Schmerz hervorgerufen werden. — 2. Die Leitungsbahnen der Tastnerven und der Gefühlsnerven sind im Rückenmarke räumlich verschieden (pg. 713, 1 und 714, 5); dies macht die Annahme wahrscheinlich, dass auch ihre centralen und peripheren Enden verschieden sind. — 3. Die durch die beiden Nervenarten ausgelösten (tactilen und pathischen) Reflexe werden wahrscheinlich durch besondere Centralorgane beherrscht resp. unterdrückt (pg. 708). — 4. Unter pathologischen Verhältnissen und unter Einwirkung von Narcoticis kann die eine Qualität der Empfindungen aufgehoben sein, bei Erhaltung der anderen (pg. 714).

Sensible und Tast-Nerven sind gesonderte Nerven.

Erregung der sensiblen Nerven.

Die sensiblen Nerven erfordern zur Auslösung schmerzhafter Empfindungen stets relativ starke Reize. Diese können mechanische, elektrische, thermische, chemische und somatische

(durch Entzündungen, Ernährungsanomalien u. dgl. bedingte) sein. Sie sind nicht allein an ihren peripheren Enden reizempfindlich, sondern auch ihr ganzer Verlauf und ihre centrale Endigung ist zur Erregung von Schmerzen empfindlich. Diese werden jedoch nach dem „Gesetze der peripheren Wahrnehmung" stets an die Peripherie versetzt. — Die Tastnerven können nur durch mässig starke mechanische, Druckdifferenzen bewirkende, Reize Druckempfindungen und durch thermische Temperaturempfindungen auslösen, und zwar stets nur, wenn ihre peripheren Endapparate gereizt werden. Wird Druck oder Kälte im Verlaufe eines Nervenstammes angebracht (z. B. am Ulnaris in der inneren Condylusrinne), so entstehen schmerzhafte Sensationen (niemals jedoch Tastempfindungen) in den peripheren Ausstrahlungen. Alle starken Reize stören die normalen tactilen Empfindungen durch Ueberreizung und bringen daher nur noch Schmerz hervor.

Erregung der Tastnerven.

428. Der Raumsinn.

Begriff des Raumsinnes.

Wir sind nicht allein im Stande, Druck- oder Temperaturdifferenzen als solche durch unsere Tastnerven wahrzunehmen, sondern wir vermögen auch den Ort anzugeben, wo diese Einwirkungen geschehen: diese Fähigkeit wird als Raumsinn bezeichnet.

Prüfungsmethoden des Raumsinnes.

Die Methoden zur Prüfung des Raumsinnes sind folgende: 1. Man setzt zwei abgestumpfte Zirkelspitzen in verschieden grossen Abständen auf die zu untersuchende Hautstelle und lässt angeben, bei welchem kleinsten Abstande die zwei Spitzen nur als ein Eindruck gefühlt werden. — Statt des Zirkels kann man auch das Sieveking'sche Aesthesiometer anwenden, welches eine feststehende und eine, auf einem Massstabe nach Art des Schustermasses verschiebbare Spitze trägt. — 2. Man lässt die gesondert wahrnehmbaren Zirkelspitzen über andere Hautstellen (bei feststehendem Abstande) fortbewegen und fragt, ob die Versuchsperson den Eindruck einer Näherung, oder Entfernung der Spitzen von einander habe. — 3. Man kann auch mit einem stumpfen Stäbchen eine Hautstelle berühren und angeben lassen, wo diese genau belegen sei (E. H. Weber).

Allgemeine Gesetze über den Raumsinn.

Die Untersuchungen haben nun zu folgenden Resultaten geführt: Der Raumsinn einer Hautstelle ist um so schärfer ausgeprägt:

1. Je zahlreicher die Tastnerven sind, die an der betreffenden Stelle endigen.

2. Je grösser die Bewegungsfähigkeit der betreffenden Hautstelle ist, also an den Extremitäten gegen die Finger und Zehen hin zunehmend. Auch an Körperstellen, die besonders schnell bewegt werden, ist der Raumsinn scharf ausgeprägt (Vierordt).

3. An den Gliedern ist die Empfindlichkeit feiner der Breite nach, als der Länge nach (an der Beugeseite der Oberextremität um $^1/_8$, an der Streckseite um $^1/_4$), ebenso ist die Beugeseite vor der Streckseite bevorzugt (an der Oberextremität um $^1/_6$).

4. Einen Einfluss hat die Art der Application der Zirkelspitzen: a) werden sie hinter einander aufgesetzt statt gleichzeitig,

so vermag man geringere Abstände anzugeben; — b) geht man von grossem Abstande der Spitzen zu stets kleineren über, so erkennt man noch kleinere Abstände, als wenn man von nicht unterscheidbarem Spitzenabstand allmählich zu grösserem übergeht; — c) ist die eine Spitze kalt, die andere heiss, so fühlt man bei Ueberschreitung des nächsten Abstandes dennoch zwei Eindrücke, allein man kann über ihre gegenseitige Stellung nicht urtheilen (Czermak).

5. Durch Uebung kann der Raumsinn sehr verschärft werden [(daher die Feinheit desselben bei Blinden (Czermak)], und zwar ist die Verschärfung stets beiderseitig (Volkmann).

6. Benetzung der Haut mit indifferenten Flüssigkeiten steigert die Schärfe; wird dagegen die Haut zwischen zwei Spitzen, die noch gesondert empfunden werden, leise gekitzelt, oder von unfühlbaren elektrischen Strömen durchflossen, so verschwimmen die Eindrücke in einander (Suslowa). Der Raumsinn wird unter Anwendung des constanten Stromes an der Kathode verschärft (Suslowa) (pg. 649), ebenso nach kohlensauren (Basch und v. Dietl), oder warmen Kochsalz-Bädern (Santlus).

7. Anämie (durch Hochlegen der Glieder), oder venöse Hyperämie (durch Venencompression) stumpfen den Raumsinn ab, ebenso zu häufige Wiederholung der Tastprüfungen (durch Ermüdung) (M. Alsberg); desgleichen abstumpfend wirken Kälte auf die Haut (Goltz), sowie Narcotica (Atropin, Daturin, Morphin, Strychnin, Alkohol) (Lichtenfels).

Kleinste absolute Grösse gesonderter Eindrücke auf der Haut.

In Folgendem sind die kleinsten Entfernungen in Millimetern angegeben, in denen noch zwei Zirkelspitzen getrennt wahrgenommen wurden bei einem Erwachsenen (die analogen Zahlen für einen 12jährigen Knaben sind jedesmal dahinter eingeklammert). Zungenspitze 1,1 Mm. (1,1). — Dritte Phalanx Finger volar 2,3 (1,7). — Rothe Lippe 4,5 (3,9). — Zweite Phalanx Finger volar 4,5 (3,9). — Dritte Phalanx Finger dorsal 6,8 (4,5). — Nasenspitze 6,8 (4,5). — Metacarpalköpfchen volar 6,8 (4,5). — Zungenrücken Mitte und Rand, weisse Lippe, Metacarpus des Daumens 9 (6,8). — Dritte Phalanx Grosszehe plantar 11,3 (6,8). — Zweite Phalanx Finger dorsal 11,3 (9). — Backe 11,3 (9). — Lid 11,3 (9). — Harter Gaumen Mitte 13,5 (11,3) — Jochbein Haut vorn 15,8 (11,3). — Metatarsus Hallucis plantar 15,8 (9). — Erste Fingerphalanx dorsal 15,8 (9). — Metacarpalköpfchen dorsal 18 (13,5). — Innere Lippe 20,3 (13,5). — Jochbein Haut hinten 22,6 (15,8). — Stirn unten 22,6 (18). — Ferse hinten 22,6 (20,3). — Hinterhaupt unten 27,1 (22,6). — Handrücken 31,6 (22,6). — Unterkinn 33,8 (22,6). — Scheitel 33,8 (22,6). — Kniescheibe 36,1 (31,6). — Kreuzbein und Glutäen 40,6 (33,8). — Unterarm und Unterschenkel 40,6 (36,1). — Fussrücken nahe den Zehen 40,6 (36,1). — Sternum 45,1 (33,8). — Nacken hoch 54,1 (36,1). — Rückgrat (fünfter Brustwirbel), untere Brust- und Lendengegend 54,1, — Nackenmitte 67,7, — Oberarm-, Oberschenkel- und Rückenmitte 67,7 (31,6—40,6).

Täuschungen des Raumsinnes.

Täuschungen des Raumsinnes kommen vielfach vor, die auffälligsten sind: 1. Eine gleichmässige Bewegung über eine Hautfläche scheint an jenen Stellen schneller zu erfolgen, welche den feinsten Raumsinn besitzen. — 2. Berührt man blos mit zwei Zirkelspitzen die Haut, so scheinen diese weiter von einander, als wenn man mit denselben über die Haut hinwegstreicht (Fechner). — 3. Eine Kugel mit kurzen Stäbchen betastet, erscheint uns grösser, als mit langen (Tourtual). — 4. Bei über einander geschlagenen Fingern fühlen wir zwischengelegte kleine Körper doppelt (Versuch des Aristoteles). — 5. Werden Hautlappen transplantirt, z. B. ein gestielter

Stirnlappen zur Nase hin, so fühlt der Operirte (falls die Stirnnerven functionsfähig geblieben sind) den neuen Nasentheil oft Monate lang noch als Stirntheil.

Erklärung der Raumsinn-Erscheinungen nach E. H. Weber.

Um die Erscheinungen des Raumsinnes zu erklären, hat es nicht an vielfachen Versuchen (E. H. Weber, Lotze, Meissner, Czermak, Wundt, Bernstein) gefehlt. E. H. Weber ging von dem Vordersatze aus, dass eine und dieselbe vom Gehirn zur Haut verlaufende Nervenfaser innerhalb ihres Verbreitungsbezirkes stets nur einen Eindruck aufnehmen und vermitteln könne. Er nennt nun Empfindungskreis einen jeden Bezirk der Haut, in welchem nur eine einzige Faser sich verbreitet. Wirken nun gleichzeitig zwei Eindrücke auf das Tastorgan ein, so entsteht dann die doppelte Empfindung, wenn ein oder mehrere Empfindungskreise zwischen diesen beiden Erregungspunkten liegen. Mit dieser, also auf anatomischer Basis ruhenden Interpretation lässt es sich nicht vereinen, dass durch Uebung sich die Empfindungskreise verkleinern können, und ferner, dass ohne Unterschied nur eine Empfindung entsteht, wenn beide Zirkelspitzen so aufgesetzt werden, dass beide Spitzen (die etwas weiter von einander abstehen, als der Durchmesser eines Empfindungskreises beträgt) bald innerhalb zweier benachbarter Empfindungskreise stehen, bald innerhalb zweier anderer, zwischen denen einer eingeschoben liegt.

Erklärung nach Wundt.

— Im Anschlusse an Lotze nimmt Wundt von psychophysiologischem Gesichtspunkte an, dass jede Hautstelle mit dem Tasteindruck zugleich stets die Localisation der Empfindung dem Gehirn kundgebe. Jede Hautstelle vermag also der Tastempfindung eine „locale Färbung" zu verleihen, welche als „Localzeichen" verwerthet wird. Er nimmt an, dass diese locale Färbung sich von Punkt zu Punkt der Haut abstuft. Diese Abstufung ist an denjenigen Hautstellen sehr jäh, an denen der Raumsinn fein ausgebildet ist, an denjenigen jedoch sehr allmählich erfolgend, wo stumpfer Raumsinn herrscht. Getrennte Eindrücke fliessen in einen einzigen zusammen, so weit die Abstufung jener localen Färbung unmerklich ist. Da durch Uebung und Aufmerksamkeit Differenzen der Empfindung, die für gewöhnlich nicht wahrgenommen werden, bemerklich gemacht werden können, so erklärt sich hieraus die Verkleinerung der Empfindungskreise eben durch die Uebung. Der Empfindungskreis ist ein Hautbezirk, innerhalb dessen sich die locale Färbung der Empfindung so wenig verändert, dass zwei gesonderte Eindrücke in einen verschmelzen.

429. Der Drucksinn.

Durch den Drucksinn werden wir unterrichtet über den Grad der Belastung, welcher jeweilig auf den verschiedenen Stellen der Haut statthatt.

Prüfungsmethoden des Drucksinnes.

Die zur Prüfung des Drucksinnes angewandten Methoden sind: 1. Man legt auf die zu untersuchenden Hautstellen nacheinander Gewichte von verschiedener Schwere und lässt urtheilen über Wahrnehmung von Druckdifferenzen. Man hat hierbei, um Temperatur, Verschiebung und ungleiches Aufsetzen möglichst zu vermeiden, zuvor die Hautstelle mit einer Platte zu bedecken, die für die Versuchsdauer liegen bleibt [auch muss der Einfluss des Muskelgefühles eliminirt sein (siehe unten)]. — 2. Von einem Wagebalken geht ein die Haut berührender Fortsatz aus; durch Belastung oder Entlastung der Wage wird die Gewichtsdifferenz hergestellt, über welche die Versuchsperson zu unterscheiden hat (Dohrn). — 3. Zur Vermeidung des lästigen Gewichtwechselns construirte A. Eulenburg sein Barästhesiometer, ein nach dem Princip der Spiralfederwage construirtes Werkzeug: Dasselbe trägt eine abwärts gerichtete Pelotte, welche durch Federkraft niedergedrückt wird. Ein Zeiger gibt sofort den Grad des Druckes in Grammen an, den man durch festeres oder lockereres Niederdrücken sofort leicht variiren kann. — 4. Goltz bediente sich eines pulsirenden elastischen Schlauches, in welchem verschieden hohe Wellen erregt werden konnten. Es wurde geprüft, wie gross die letzteren sein müssten, bis man sie an den verschiedenen Hautstellen, denen der Schlauch anlag, als Pulsbewegung wahrnahm. — Im Allgemeinen sind die-

jenigen Methoden vorzuziehen, bei denen zeitlich getrennt die differenten Drucke wirken, anstatt dass man einen Anfangsdruck an- oder abschwellen lässt, weil durch letzteres Verfahren die Haut allmählich ermüden wird. Sowohl den Drucksinn, als auch den später zu besprechenden Temperatursinn prüft man am zuverlässigsten nach „dem Princip der eben merklichen Unterschiede", d. h. man lässt stufenweise die differenten Drucke (oder Temperaturen) entweder von grossen Differenzen beginnend, oder von minimalsten anfangend, einwirken und sucht die Grenze, an der noch, beziehungsweise bereits eine sichere Empfindung des Unterschiedes hervortritt.

Die Ergebnisse über die Untersuchungen des Drucksinnes sind nun folgende:

Allgemeine Gesetze über den Drucksinn.

1. Der minimalste Druck, der auf verschiedenen Körperstellen noch soeben empfunden wird, ist je nach der Localität äusserst verschieden. Am feinsten fühlt die Stirnhaut, Schläfe, der Handrücken, und Vorderarm, welche einen Druck von 0,002 Gr. empfinden; — die Finger fühlen ihn erst bei 0,005—0,015 Gr. Belastung; — Kinn, Bauch, Nase bei 0,04—0,05 Gr.; — die Fingernägel bis zu 1 Gramm (Kammler und Aubert).

2. Intermittirende Druckschwankungen (Pulse im Goltz'schen Schlauche) werden jedoch durch die Fingerspitzen feiner wahrgenommen, als durch die Stirnhaut.

3. Es werden noch Differenzen zweier Gewichte durch die Fingerspitzen wahrgenommen, die sich wie 29 : 30 verhalten (an den Vorderarmen wie 18,2 : 20), vorausgesetzt, dass die Gewichte nicht gar zu leicht, oder gar zu schwer sind. Aufsteigend von sehr leichten zu schwereren Gewichten, wächst die Feinheit der Unterscheidung für zwei Gewichte zunächst, für schwerere Gewichte nimmt dann weiterhin das Unterscheidungsvermögen schnell wieder ab (E. Hering Loewit und Biedermann). [Es widerstreitet diese Beobachtung dem psychophysischen Gesetze Fechner's (vgl. pg. 768).]

4. A. Eulenburg fand folgende Abstufungen der Feinheit des Drucksinnes: Stirn, Lippen, Zungenrücken, Wange, Schläfe zeigten Differenzen von $^1/_{40}$—$^1/_{30}$ an (200 : 205—300 : 310 Gr.) — Die Dorsalseite der letzten Fingerphalanx, des Vorderarmes, der Hand, der 1. und 2. Phalanx, die Vorlarseite der Hand und des Vorderarmes und Oberarm empfanden Unterschiede von $^1/_{10}$—$^1/_{20}$ (200 : 220 bis 200 : 210 Gr.). — Vorderseite des Unterschenkels und Oberschenkels waren dem Vorderarm ähnlich. Dann folgten Fussrücken, Dorsum der Zehen; viel schwächer war die Empfindlichkeit an der Plantarseite der Zehen, der Planta selbst und hinterer Seite des Ober- und Unterschenkels. — Dohrn suchte das kleinste Zusatzgewicht zu ermitteln, welches bei 1 Gr. Belastung an den verschiedenen Hautstellen zuerst gefühlt wurde; dieses war für: 3. Fingerphalanx 0,499 Gramm, Fussrücken 0,5 Gr., 2. Fingerphalanx 0,771 Gr., 1. Fingerphalanx 0,82 Gr., Unterschenkel 1 Gr., Handrücken 1,156 Gramm, Handteller 1,018 Gr., Kniescheibe 1,5 Gr., Vorderarm 1,99 Gramm, Sternum 3 Gr., Nabelgegend 3,5 Gr., Rücken 3,8 Gr.

5. Zwischen dem Auflegen zweier Gewichte darf kein zu langer Zeitraum verstreichen, doch können selbst 100 Secunden verfliessen, wenn sich die Gewichtsdifferenz wie 4 : 5 verhielt (E. H. Weber).

6. Beim Drucksinn macht sich besonders auffällig die Nachwirkung geltend bei anhaltend bedeutendem Drucke. Aber auch schwache aufeinander folgende Drucke müssen mindestens $^1/_{480}$—$^1/_{640}$ Secunde von einander getrennt sein, damit sie isolirt zur Perception gelangen. Schnellere Folge bewirkt Verschwimmen der Eindrücke.

Als Valentin die Fingerspitze gegen ein mit stumpfen Zähnen besetztes Rad hielt, empfand er den Eindruck eines glatten Randes, wenn die Zähne in den oben genannten Zeiten die Haut streiften; bei langsamerer Drehung verursachte jeder Zahn eine Einzeldruckempfindung. Vibrationen von Saiten erkennt man noch als solche bei 1506—1552 Schwingungen in 1 Secunde (v. Wittich und Grünhagen).

7. Merkwürdig ist die Erscheinung, dass ein Druck, welcher bewirkt wird durch völlig gleichmässige Compression eines Körpertheiles, z. B. durch Eintauchen eines Armes in Quecksilber, nicht als solcher empfunden wird; nur an der Flüssigkeitsgrenze spürt ihn ein in Quecksilber eingetauchter Finger an seiner Volarfläche (Meissner).

430. Der Temperatursinn.

Temperatursinn.

Durch den Temperatursinn werden wir über die Schwankungen der Wärme der äusseren Haut unterrichtet.

Methoden der Temperatursinnprüfung.

Zur Prüfung des Temperatursinnes werden Hautstellen nach einander mit verschieden temperirten Objecten von gleicher Grösse und gleichem Wärmeleitungsvermögen berührt. — 1. Nothnagel verwendet hiezu kleine, mit kaltem oder warmem Wasser gefüllte, mit Metallboden versehene und auf die Haut zu setzende Holzkästchen, in denen ein in das Wasser gesenktes Thermometer zugleich die Temperatur anzeigt. — 2. Man kann auch direct zwei Thermometer, welche man an ihren relativ grossen Spindeln ungleich erwärmt hat, zum Vergleiche direct anlegen (A. Eulenburg).

Allgemeine Gesetze über den Temperatursinn.

Die über den Temperatursinn gemachten Erfahrungen sind:

1. Im Allgemeinen entsteht das Gefühl der Kälte, wenn ein der Haut anliegender Körper derselben Wärme entzieht, umgekehrt das der Wärme, wenn Wärme an die Haut mitgetheilt wird.

2. Je grösser das Wärmeleitungsvermögen des die Haut berührenden Körpers ist, um so intensiver ist das Gefühl der Wärme oder der Kälte (vgl. pg. 407).

3. Im Bereiche von 15,5—35° C. empfindet man noch deutlich Wärmedifferenzen von 0,2—0,16° R. an den Fingerspitzen (E. H. Weber). Die Temperaturen, welche in der Nähe der Blutwärme liegen (von 33—27° C., Nothnagel), werden (von den bevorzugten Stellen) am genauesten, selbst bis 0,05° C. Differenz unterschieden (Lindemann). Weniger genau lassen sich Differenzen angeben in der Breite von 33—39° C., sowie zwischen 14—27° C. — Erwärmung bis 55° C. und bis auf einige Grade über Null bewirkt neben der Temperaturempfindung entschiedene Schmerzen.

4. Die verschiedenen Hautstellen differiren in der Feinheit der Wärmeperception, und zwar der Reihe nach: Zungenspitze, Lider, Wangen, Lippen, Hals, Rumpf. Als wahrnehmbares Minimum fand

Nothnagel an der Brust 0,4°, Rücken 0,9°, Handrücken 0,3°, Vola 0,4°, Arm 0,2°, Fussrücken 0,4°, Oberschenkel 0,5°, Unterschenkel 0,6°, Wange 0,4—0,2°, Schläfe 0,4—0,3°. Merkwürdiger Weise hat die Haut in der Mittellinie (z. B. der Nase) ein stumpferes Wärmegefühl als die lateralen Bezirke (Nasenflügel) (E. H. Weber).

5. Am besten wird die Wärmedifferenz wahrgenommen, wenn dieselbe Hautstelle nach einander von der verschiedenen Temperatur afficirt wird. Lässt man dagegen gleichzeitig nebeneinander zwei verschiedene Temperaturen einwirken, so verschmelzen leicht die Eindrücke, zumal wenn die beiden Stellen einander sehr nahe liegen.

6. Uebung verschärft den Temperatursinn. Venöse Blutfülle der Haut stumpft ihn ab, Verminderung des Blutgehaltes verfeinert ihn (M. Alsberg). Bei Berührung grösserer Hautflächen ist das Unterscheidungsvermögen feiner, als bei kleinen. Schnelle Schwankungen rufen weiterhin intensivere Empfindungen hervor, als allmähliche Uebergänge der Temperatur.

Täuschungen im Bereiche des Temperatursinnes.

Auch im Bereiche des Temperatursinnes kommen mancherlei Täuschungen vor: — 1. Mitunter kann die Empfindung von Wärme oder Kälte in paradoxer Weise wechseln; wenn man z. B. die Haut zuerst in Wasser von 10° C. taucht, so empfinden wir Kälte, taucht man sie sodann sofort in Wasser von 16° C., so entsteht zuerst Gefühl der Wärme, aber schon bald wiederum Kältegefühl. — 2. Dieselbe Temperaturhöhe auf eine grössere Hautfläche applicirt wird höher taxirt, als auf kleinerer Fläche; z. B. hält die ganze eingetauchte Hand Wasser von 29,5° C. für wärmer, als ein Finger Wasser von 32° C. — 3. Kalte Gewichte werden als schwerer taxirt, als warme.

Pathologisches. Hyperpselaphesie.

Pathologisches zum Tastsinne. Eine Verschärfung des Tastsinnes (Hyperpselaphesie) kommt nur selten vor, doch fand man grössere Empfindlichkeit für Temperaturdifferenzen an Hautstellen, deren Epidermis nach Vesicantien und Bläschenausschlägen (Zoster) verdünnt war, ebenso bei Tabetikern; Raumsinnverschärfung ebenso in den beiden ersten Fällen und bei Rothlauf. Als eine Abnormität des Raumsinnes beschreibt Brown-Séquard die Empfindung von drei Spitzen, wenn nur zwei die Haut berühren, oder von zwei, wenn nur eine die Haut betupft. — Als eine eigenthümliche paradoxe Localisation der Empfindung beobachte ich an mir selbst, dass ein Druck mit der Schärfe des Fingernagels auf die Stelle des Angulus Ludovici des Sternums stets zugleich ein Stechen im Kinne bewirkt. Hier wird die Reizung eines Endastes der Nn. subcutanei colli an die Peripherie eines anderen Endastes dieser Nerven verlegt.

Paradoxe Localisation.

Hypopselaphesie. Apselaphesie.

Schwächung bis Auslöschung der Tastempfindungen (Hypopselaphesie und Apselaphesie) können entweder mit gleichartigen Leiden der sensiblen Nerven, oder für sich allein vorkommen. Seltener gehen nur einzelne Qualitäten der Tastempfindungen verloren, z. B. der Drucksinn, oder der Temperatursinn, Zustände, die man als „partielle Tastsinnlähmung" bezeichnet hat.

431. Die Gemeingefühle. Der Schmerz.

Begriff der Gemeingefühle.

Unter Gemeingefühl verstehen wir unangenehme oder angenehme Empfindungen in unseren mit Gefühl ausgestatteten Körpertheilen, die sich nicht auf äussere Objecte beziehen und die sich in ihrer Eigenartigkeit weder beschreiben, noch vergleichen lassen. Es gehören hierhin Schmerz, Hunger, Durst, Ekel, Ermüdung, Schauder, Schwindel, Kitzel, Wollust, Wohlsein und Unwohlsein und

die respiratorischen Gefühle der freien, oder der beengten Athmung.

Schmerz.

Der Schmerz kann überall auftreten, wo sensible Nerven sind; die Ursache desselben ist stets in einer über das Normale hinaus liegenden Reizung der sensiblen Nerven belegen. Alle Arten der Reize: mechanische, thermische, chemische, elektrische sowie somatische (Entzündungen, Ernährungsstörungen u. dgl.) können Schmerz erregen. Gerade die letztgenannten scheinen besonders wirksam zu sein, da manche Gewebe bei Entzündungen ausserordentlich schmerzen (z. B. Muskeln, Knochen), während sie gegen Schnitte ziemlich unempfindlich sind. Der Schmerz kann im ganzen Verlaufe eines sensiblen Nerven erregt werden, von seinem Centrum bis zur Peripherie; stets wird aber die

Gesetz der excentrischen Wahrnehmung.

Empfindung an das periphere Ende verlegt (Gesetz der excentrischen Wahrnehmung). Hierbei kann es vorkommen, dass durch Reizung der Nerven, z. B. in der Narbe eines Amputationsstumpfes, ein Schmerzgefühl in solchen Theilen empfunden wird, die längst entfernt sind. — Bei heftiger Reizung im Verlaufe eines sensiblen Nerven kann es ferner vorkommen, dass derselbe an der Stelle der Affection leitungsunfähig wird. Peripherische Eindrücke können also nicht mehr zur Perception kommen. Wenn nun weiterhin die schmerzerregende Noxe noch am centralen Ende der ergriffenen Nervenbahn fortwirkt, so wird diese Reizung noch excentrisch wahrgenommen. So entsteht die auf den ersten Blick paradoxe Erscheinung

Anaesthesia dolorosa.

der Anaesthesia dolorosa. — Beachtenswerth für die Schmerzempfindungen ist das Unvermögen des Befallenen, dieselbe genau zu localisiren. Am besten gelingt dies noch, wenn der schmerzmachende Eingriff peripherisch an kleiner Stelle wirksam ist (z. B. Nadelstich);

Beschränkung der Localisation.

wenn jedoch im Verlaufe der Nerven die Erregung statthat, oder im Centrum, oder an Nerven, deren Enden unzugänglich sind (Eingeweide), so entsteht ein nicht zu localisirender Schmerz (z. B. Leibweh). Bei heftigen Schmerzen kommt noch hinzu, dass sich leicht die Erscheinung

Irradiation.

der Irradiation der Schmerzen zeigt (pg. 714, 5), wodurch die Localisirung unmöglich wird. — Selten pflegt der Schmerz continuirlich in gleichmässiger Stärke anzuhalten, vielmehr kommt es in der Regel zu An- und Abschwellungen der Intensität und zu anfallartigen Verstärkungen.

Intensität des Schmerzes.

Die Intensität des Schmerzes hängt ab zunächst von der Reizbarkeit der sensiblen Nerven. In dieser Beziehung herrschen theils bedeutende individuelle Schwankungen, theils finden sich einige Nerven, z. B. der Trigeminus und Splanchnicus durch excessive Empfindlichkeit vor den übrigen ausgezeichnet. — Je grösser ferner die Zahl der ergriffenen Nervenfasern ist, desto grösser ist der Schmerz. Endlich ist die Dauer von Einfluss, insofern dieselbe Erregung bei längerem Anhalten die Schmerzen bis zum Unerträglichen steigern kann. —

Undefinirbare Qualitäten des Schmerzes.

Nach der Art der Empfindung pflegt man wohl stechende, schneidende, bohrende, brennende, schiessende, klopfende, drückende, nagende, reissende, zuckende, dumpfe u. dgl. zu bezeichnen, deren Ursache jedoch völlig unaufgeklärt ist. — Schmerzhafte Empfindungen werden

ausgelöscht durch Anaesthetica und Narcotica: Aether, Chloroform, Morphin u. A. (vgl. pg. 714, 5).

Zur Prüfung der cutanen Sensibilität pflegt man am besten elektrische constante oder inducirte Ströme anzuwenden (Duchenne, Leyden). Man stellt sowohl das Empfindungsminimum fest, d. h. diejenige Stärke des Stromes, welche die erste Spur von Empfindung hervorruft, als auch das Schmerzminimum, d. h. die kleinste Stromstärke, welche zuerst deutlichen Schmerz bewirkt (Lombroso, Bernhardt). Die 1—2 Cmtr. von einander abstehenden Elektroden sind etwa stricknadeldünn, metallisch. Nach Bernhardt sind im Folgenden nach Abstand der Rolle des Inductionsapparates die Empfindungsminima und dahinter (eingeklammert) die Schmerzminima eines Gesunden mitgetheilt: Zungenspitze 17,5 (14,1). — Gaumen 16,7 (13,9). — Nasenspitze, Lider, Zahnfleisch, Zungenrücken, rothe Lippen 15,7—15,1 (13—12,5). — Wange, Lippen, Stirn 14,8—14,4 (13—12,5). — Akromion, Brustbein, Nacken 13,7—13 (11,5—11,2). — Rücken, Oberarm, Gesäss, Hinterhaupt, Lende, Hals, Vorderarm, Scheitel, Kreuz, Oberschenkel, Dorsum. I. Phal., Fussrücken 12,8—12 (12—9,2). — Dors. II. Phal., Dors. d. Metacarp.-Köpfchens, Handrücken, Unterschenkel, Nagelglied, Knie 11,7—11,3 (10,2—8,7). — Vol. cap. oss. metacarp., Zehenspitze, Vola, II. Phalanx vol., Daumenballen, Plant. oss. I. metatars. 10,9—10,2 (8—4).

Prüfung der Hautsensibilität und des Schmerzes.

Pathologisches. Bei gesteigerter Empfindlichkeit der Schmerzempfindung-vermittelnden Nerven, kann schon eine leise Berührung der Haut, ja sogar blosses Anblasen die heftigsten Schmerzen veranlassen (cutane Hyperalgie), namentlich bei entzündlichen, oder exanthematischen Zuständen der Haut. — Als cutane Paralgien kann man gewisse unangenehme bis schmerzhafte Empfindungsanomalien bezeichnen, die häufig in der Haut localisirt sind: Hautjucken, Gefühl des Kribbelns, oder Ameisenlaufens, des Brennens und der Kälte. — Sodann gehören hierher die durch krankhafte Vorgänge am Nervenapparate zur Ausbildung gelangenden Neuralgien, charakteristisch durch anfallsweise mit grosser Heftigkeit und Ausstrahlung eintretende Schmerzen (man vgl. z. B. die Neuralgie des Quintus, pg. 676). Sehr oft herrscht dort, wo die Nervenstämme aus Knochencanälen, Fascienlücken, oder Rinnen hervortreten, während der Anfälle auf stärkeren, oder schwächeren Druck excessive Schmerzhaftigkeit (Valleix' Points douloureux, 1841). Die Haut selbst, zu der der sensible Nerv verläuft, kann namentlich anfänglich mit grösserer Empfindlichkeit, bei längeren Leiden oft mit verminderter Empfindlichkeit bis zur Analgesie behaftet sein (Türck); im letzteren Falle kann es zur ausgeprägten Anaesthesia dolorosa kommen (pg. 888).

Pathologisches. Hyperalgie. Paralgie. Neuralgie.

Verminderung, oder selbst Aufhebung der Schmerzempfindungen (Hypalgie und Analgie) können sowohl durch Affectionen der Nervenenden, als auch ihres Verlaufes, oder der centralen Insertion sich ausbilden.

Hypalgie. Analgie.

432. Das Muskelgefühl, der Kraftsinn.

Die sensiblen Nerven der Muskeln (pg. 540) geben uns stets über Unthätigkeit oder Thätigkeit und im letzteren Falle über den Grad der Contraction Aufschluss. Sie belehren uns über den Grad der anzuwendenden Zusammenziehung zur Ueberwältigung von Widerständen (Kraftsinn, E. H. Weber). Offenbar wird das Muskelgefühl vielfach vom Drucksinn unterstützt, und umgekehrt, doch zeigte E. H. Weber, dass das Muskelgefühl an Feinheit den Drucksinn übertreffe, da es Gewichtsdifferenzen wie 39 : 40 unterscheiden lehrt, während der Drucksinn nur 29 : 30 auseinanderhielt. In einzelnen Fällen fand man bei Menschen neben völliger Unempfindlichkeit der Haut

Bedeutung des Muskelgefühls.

völlig erhaltenes Muskelgefühl. Hierher gehört auch der Versuch, dass an den Beinen enthäutete Frösche ohne wesentliche Störung springen können. Das Muskelgefühl wird aber auch vielfach unterstützt durch das Gefühl der Gelenke, der Knochen, der Fascien. — Manche Muskeln, z. B. die Athemmuskeln, haben nur ein geringes Muskelgefühl, — dem Herzen und den glatten Muskeln scheint es normal zu fehlen.

Prüfung des Muskelsinnes.

Zur Prüfung des Muskelsinnes werden Gewichte in ein Tuch gelegt, welches in Schleuderform um den zu prüfenden Theil (z. B. Unterschenkel) geschlungen wird. Der Untersuchte schätzt durch Heben und Senken die Grösse der Gewichte, und zwar sowohl der Widerstandsdifferenzen (der Gewichte), als auch des Widerstandsminimums (Wahrnehmung der schwächsten Belastung). — Als zweites Object der Prüfung kann die elektromusculäre Sensibilität genommen werden; d. h. man bringt durch Inductionsströme die Muskeln zur Contraction, und lässt über die hierbei eintretenden Gefühle berichten. Man kann auch hier das Sensibilitäts- und dann das Schmerzminimum feststellen.

Prüfung der elektromusculären Sensibilität.

Durchschneidung der sensiblen Nerven bringt Störungen der feinen Abstufung der Bewegungen hervor (pg. 695). — Meynert vermuthete als cerebrales Centrum des Muskelgefühles die Rinde der Centralwindungen. Mit den hier liegenden Ganglienzellen sollen die Muskeln in motorischer und in sensibler Verbindung stehen. Hierfür spricht das Auftreten einer vollkommenen Ataxie, die ich mit Eulenburg nach Zerstörung dieser Gebiete erzeugt habe (pg. 752).

Zu intensive Thätigkeit der Muskeln ruft das Gefühl der Ermüdung, der Abgeschlagenheit und Schwere in den Gliedern hervor, das ebenfalls auf das Muskelgefühl zu beziehen ist.

Pathologisches.

Pathologisches. Abnorme Steigerungen des Muskelgefühles (musculäre Hyperalgien und Hyperästhesien) sind immerhin selten. Es gehört hierher jene als Anxietas tibiarum beschriebene qualvolle Unruhe, die zu einem beständigen Stellungswechsel der Beine antreibt und die nicht selten Nachts selbst Gesunde belästigen kann. — Bei Krämpfen tritt ein intensiver Schmerz durch Reizung der Muskelgefühlsnerven hervor, ebenso bei Entzündungen. — Verminderungen des Muskelgefühles scheinen auch zum Theil gewissen choreatischen und atactischen (pg 714) Bewegungen zu Grunde zu liegen. Mitunter findet sich die elektromusculäre Sensibilität geschwächt, oder selbst erloschen; in anderen Fällen ist das subjective Gefühl der Activität der Muskeln verloren („Lähmung des Muskelbewusstseins“).

Physiologie der Zeugung und Entwickelung.

433. Formen der Fortpflanzung.

I. Abiogenesis (Generatio aequivoca sive spontanea, Urzeugung). Man hat selbst bis in die Neuzeit angenommen, dass unter Umständen unbelebter, aus der Zersetzung organisirter Materie hervorgegangener Stoff sich spontan in lebende Wesen wieder verwandeln könne. Während Aristoteles die Urzeugung noch bis auf die Insecten (Ungeziefer) ausdehnte, haben die neueren Anhänger sie nur den niedersten Lebewesen (Protisten) zugesprochen. Aus zahlreichen Versuchen pro und contra scheint schliesslich doch das Resultat hervorzugehen, dass, wenn die organisirte Materie durch hochgradige (bis 200° C.) Erhitzung in zugeschmolzenen Röhren aller lebenden Keime wirklich beraubt wurde, auch keine Urzeugung stattfindet. Dann hat der Satz Geltung: Alles Leben kommt vom Lebendigen (Omne vivum ex ovo (Harvey), oder ex vivo). — Merkwürdig ist die Thatsache, dass selbst höher entwickelte Wirbellose (Gordius, Anguillula, Tardigrada, Rotatoria) längere Zeit eingetrocknet und selbst bis zu 140° C. erhitzt (Doyère) sich nach Befeuchtung wieder in's Leben rufen lassen (Anabiosis).

Urzeugung.

II. Theilung kommt vielen Protozoën (Amoeba, Infusoria) zu und zwar in der Art, dass sich das Wesen nach Art der Zelltheilung mit seinem kernartigen Binnengebilde und dem Zellenleibe durch eine active Thätigkeit in zwei Wesen zerlegt. — Die künstliche Zertheilung niederer Thiere und das Heranwachsen der Bruchstücke zu ganzen Wesen zeigte zuerst Trembley (1744) bei Hydra (pg. 450).

Theilung.

III. Knospen- oder Sprossenbildung findet sich in ausgesprochenster Weise bei den Polypen, aber auch bei Infusorien (Vorticellen) u. A. Sie besteht darin, dass aus dem Mutterkörper ein knospenartiges Gebilde hervorsprosst, welches nach und nach dem Mutterwesen ähnlich wird. Die Knospenwesen bleiben entweder dauernd mit dem Mutterthiere vereint, so dass es nach und nach zu umfangreichen Thierstöcken kommen kann (Polyparien), bei denen die Leiber der Individuen mit einander direct vereinigt bleiben (ja mitunter sogar ein gemeinsames „coloniales“ Nervensystem besitzen, wie die Bryozoa), oder sie vermögen sich abzulösen und individuell selbstständig zu werden. Bei einigen Thierstöcken (Syphonophoren) fällt mitunter den einzelnen Wesen eine ganz bestimmte Rolle zu, so dass man verdauende, bewegende, keimerzeugende unterscheiden kann (Arbeitstheilung der Thierstöcke) — Die Bildung innerer sich ablösender Sprösslinge fand man bei den Rhizopoden. — Bei Thieren, die sich durch Theilung oder Sprossung fortpflanzen, fand man auch zum Theil die Bildung von Samenfäden und Eiern (Polypen, Infusorien), so dass sich also hier neben der ungeschlechtlichen Zeugung zugleich eine geschlechtliche vorfindet.

Knospenbildung.

IV. Conjugation oder Concrescenz nennt man eine Form der Zeugung, die bereits an die geschlechtliche erinnert, z. B. der einzelligen Gregarinen. Ein solches Wesen verwächst mittelst seines Vorderendes mit dem Hinter-

Concrescenz.

ende eines anderen; beide incystiren sich dann zu einem, einen Ruhezustand durchmachenden runden Körper. Die vereinte Körpermasse löst sich in eine formlose Masse auf, aus der zahlreiche Bläschen hervorgehen. In jedem Bläschen entstehen viele kahnförmige Gebilde (Pseudonavicellen), letztere lassen ein amöboides Wesen entstehen, das sich durch Bildung von Kern und Hüllmembran wieder in eine Gregarine verwandelt. — Auch bei einigen Infusorien ist Concrescenz beobachtet.

Geschlechtliche Fortpflanzung. Die geschlechtliche Fortpflanzung erfordert die Bildung des Jungen aus der Vereinigung der männlichen nnd weiblichen Zeugungsstoffe (Samen und Ei). Diese Stoffe können entweder auf zwei verschiedene Individuen, Mann und Weib, vertheilt sein, oder demselben Wesen angehören (Hermaphroditismus, z. B. der Bandwürmer, Schnecken). Die geschlechtliche Zeugung umfasst noch folgende weitere Formen der Fortpflanzung.

Metamorphose. V. Metamorphose nennt man jene Form der geschlechtlichen Fortpflanzung, in welcher vom befruchteten Ei an das Wesen in einer Reihe äusserlich verschiedener Gestaltungen auftritt (z. B. Raupe, Puppe), in denen dasselbe keiner Fortpflanzung fähig ist. Schliesslich bildet sich die letzte geschlechtsreife Form (Imago, z. B. Schmetterling), welche durch Vereinigung von Samen und Ei das befruchtete Anfangsglied der Entwickelungsreihe liefert. Sehr verbreitet findet sich die Metamorphose bei den Insecten, [entweder mit mehreren (Holometabola) oder wenigen Zwischenstufen (Hemimetabola)], auch bei anderen Arthropoden, einigen Würmern (z. B. Trichine: die geschlechtsreifen, geschlechtlich getrennten, kurzlebigen, im Darme sich begattenden, lebendig gebärenden Endstufen sind die Darmtrichinen, ihre in die Muskeln einwandernde zahlreiche Brut sind die Larven, die sich einkapselnden geschlechtsunreifen Muskeltrichinen sind die Puppen, welche, wenn sie lebendig von einem anderen passenden Wesen genossen werden, zu geschlechtsreifen und thätigen Individuen in dessen Darme auswachsen). — Unter den Wirbelthieren findet sich die Metamorphose noch bei den Amphibien (z. B. Frosch) und unter den Fischen bei den Neunaugen (Petromyzon) (Aug. Müller).

Generationswechsel VI. Der Generationswechsel (Steenstrup) hat mit der Metamorphose die Reihe äusserlich verschiedener Gestaltungen im Entwickelungsgange gemein. Er unterscheidet sich aber wesentlich von jener dadurch, dass das Thier innerhalb der einen oder anderen Stufe geschlechtslos sich vermehren kann (Ammenzustand); die Endstufe endlich zeigt dann nur die geschlechtliche Fortpflanzung. Das medicinisch wichtigste Beispiel liefern die *der Bandwürmer.* Bandwürmer (Taenia). Das geschlechtsreife, hermaphroditische Individuum mit hunderten von Hoden, Vas deferens, Penis, Eierstock, Dotterstock, Schalendrüse, Scheide und Fruchthalter ist die sich ablösende, mit den Fäces entleerte, sich bewegende (mitunter noch wachsende) Proglottis (Bandwurmglied). Aus den durch Selbstbefruchtung keimfähig gemachten Eiern derselben entsteht ein elliptischer, mit Haken versehener Embryo, welcher sich vom Darme eines anderen Thieres, welches die Keime mit dem Futter verzehrt hatte, in dessen Gewebe einbohrt und hier zu einer dritten Stufe, dem Blasenwurm, auswächst (Finne, Cysticercus, Coenurus, Echinococcus). Im Innern dieser Blase entwickelt sich entweder nur ein (Cysticercus) oder mehrere (Coenurus) kurzgestielte Bandwurmköpfe, oder innerhalb der Blase entstehen zuerst zahllose Tochterblasen und innerhalb dieser viele Köpfe (Echinococcus). Zur Weiterentwickelung muss der Blasenwurm lebendig wieder von einem anderen Wesen verzehrt werden. Alsdann setzen sich die Bandwurmköpfe (Scolex) durch Haken oder Saugnäpfe im Darme fest und bilden nun durch Sprossung eine zahlreiche Gliederkette, deren jedes ausgewachsene das geschlechtsreife Individuum der Taenia ist. [Die wichtigsten Bandwürmer sind: Taenia solium im Menschendarm; im Schweine (selten im Menschen) der Blasenwurm Cysticercus cellulosae; — Taenia mediocannellata im Menschendarm, der Blasenwurm im Rinde; — Taenia coenurus im Hundedarm, die Finne im Gehirn des Schafes (Coenurus cerebralis, Ursache der Drehkrankheit); — Taenia echinococcus, nur zwei- bis dreigliedrig, wenige Millimeter lang, zahllos im Hundedarm; der bis kindskopfgrosse Blasenwurmzustand (Acephalocyst mit Tochterblasen) im Menschen (Leber, aber auch seltener in allen anderen Geweben, oft lebensgefährlich; auch in Schlachtthieren)]. —

Unter den niederen Thieren haben auch die Medusen einen Generationswechsel; unter den Insecten die Gallmücken (Cecidomyen, mit endogener Larvenvermehrung) und die Blattläuse. Letztere entwickeln sich im Frühjahr aus befruchteten überwinterten Eiern als ungeschlechtliche Wesen. Diese nun erzeugen hinter einander in zahlreichen Generationen unbefruchtet lebendige gleichfalls geschlechtslose Junge. Im Spätherbst sind die letzten so erzeugten Jungen Männchen und Weibchen, welche sich begatten und die befruchteten Dauereier legen.

Blattläuse.

VII. Die Parthenogenesis (Owen, v. Siebold) oder Jungfernzeugung ist dadurch charakteristisch, dass neben der geschlechtlichen Zeugung auch zugleich Fortpflanzung ohne geschlechtliche Vereinigung vorkommen kann. Stets ist die geschlechtslos erzeugte Brut nur einerlei Geschlechtes. Ein Beispiel liefert der Bienenstock: derselbe enthält die Königin (geschlechtsreifes, begattungsfähiges Weib), die Arbeiter (verkümmerte Weiber) und die Drohnen (Männer). Beim Schwärmen (Hochzeitsfluge) wird die Königin von einer Drohne begattet; der Samen (für 3—4 Jahre ihres zeugungsfähigen Lebens) im Receptaculum seminis aufbewahrt, kann von der Königin, wie es scheint, willkürlich den zu legenden Eiern entweder zur Befruchtung beigegeben, oder von den Eiern ferngehalten werden. [Möglich ist auch, dass die Befruchtung oder Nichtbefruchtung von mechanischen Grössenverhältnissen der die Eier aufnehmenden Waben abhängt.] Aus allen befruchteten Eiern entstehen nur weibliche, aus allen unbefruchteten (!) nur männliche Bienen. Ist die Königin fluglahm und kann dieselbe überhaupt nicht begattet werden, so legt sie nur Drohneneier (Drohnenbrütigkeit). Reiche Fütterung der Larve des befruchteten Eies [vielleicht auch die Grösse ihrer Wabe (Weiselwiege)] lässt ein ausgebildetes Weib (Königin) werden, während bei geringerer Nahrung die geschlechtlich verkümmerten Arbeitsweiber entstehen (Dzierzon).

Parthenogenesis.

VIII. Die geschlechtliche Fortpflanzung ohne Zwischenformen haben ausser dem Menschen die Säuger, Vögel, Reptilien und die meisten Fische.

Geschlechtliche Zeugung.

434. Der Samen.

Der aus der Harnröhre entleerte Samen ist mit dem Secrete der traubenförmigen Drüschen des Vas deferens, der Cowper'schen und Prostatadrüsen und mit der Flüssigkeit der Samenblasen vermischt. Er reagirt neutral bis alkalisch und enthält bei 82% Wasser: Eiweisskörper, Nuclein, Lecithin, Protamin (Miescher), sodann phosphorhaltiges Fett und unter den (etwas über 2%) Salzen namentlich phosphorsaure der Alkalien und Erden neben schwefelsauren und Chloriden. Den unbekannten Riechstoff hatte Vauquelin Spermatin genannt; die Alten schrieben ihm (Aura seminalis) die befruchtende Kraft zu.

Chemische Constitution.

Die zähklebrige, weisslichgelbe Samenflüssigkeit, zum grossen Theile Beimischung aus oben genannten Organen, scheint den Riechstoff des Samens zu führen, da der Samen im Vas deferens noch geruchlos ist. Sie wird an der Luft zum Theil dünnflüssiger, nach Wasserzusatz gelatinös, weisslich durchscheinende Flocken abscheidend, und bildet bei längerem Stehen längliche, an ihren Enden meist verjüngte rhomboedrische Krystalle, die nach A. Böttcher aus Albuminat, nach Anderen aus phosphorsaurer (Ammoniak-?) Magnesia bestehen sollen. Einen dem Samen ähnlichen Geruch findet man auch am Fleische nicht ganz frischer gekochter Hechte, sowie mitunter am Eiweiss nicht mehr ganz frischer Hühnereier.

Samenflüssigkeit.

Die Samenfäden (Ham, Schüler Leeuwenhoek's, 1677), 0,05 Mm. lang, bestehen aus einem abgeflacht birnförmigen

Die Samenfäden.

Kopfe, einem pfriemförmigen, sich an das dickere Ende ansetzenden Mittelstück (Schweigger-Seidel) und der fadenförmig verlängerten Cilie (Schwanz), durch deren Hin- und Herschlagen sie sich, oft um die Axe rotirend, in 1 Minute um ihre 400fache Länge (Henle), oder 0,05—0,15 Mm. in 1 Sec. fortbewegen; am schnellsten sofort nach der Ejaculation, dann aber allmälig schwächer werdend.

Die Bewegung hat ihre Analoga in der der Flimmerepithelien und der Schwärmsporen mancher Pflanzen. Es ist unentschieden, ob die Bewegung vom Schwanze (Schweigger-Seidel, v. la Valette St. George) oder vom Kopfe (Grohé) ausgeht. Ohne Verdünnungsmittel im Hoden ruhend fehlt den Fäden die Bewegung; besonders regsam erhalten sie sich in den normalen Secreten der weiblichen Sexualorgane (Bischoff); auch in allen normalen animalischen Secreten (nicht im Speichel) bewegen sie sich ziemlich lange fort. Durch Wasserzusatz rollen sie sich sofort ösenartig um und erlahmen; lähmend wirken ferner Alkohol, Aether, Chloroform, Creosot, ferner Gummi, Dextrin und Pflanzenschleim, concentrirte Traubenzuckerlösung, sowie zu sehr alkalischer Uterin- und zu saurer Vaginal-Schleim (Donné), Säuren und Metallsalze, zu hohe und zu niedere Temperaturen. — Indifferent verhalten sich auf die Bewegung die Narcotica (sofern sie chemisch nicht different sind), ebenso mittelstarke Lösungen von Harnstoff, Zucker, Eiweiss, Kochsalz, Glycerin, Amygdalin u. A. Doch wirken diese bei zu grosser Verdünnung wie Wasser und bei zu hoher Concentration durch Wasserentziehung lähmend. — Merkwürdig ist, dass die nach Wassereinwirkung eintretende Ruhe, sowie auch die Ruhe bei allmählichem Nachlassen der Bewegung durch verdünnte Alkalien wieder aufgehoben werden kann (Virchow), wie es auch die Wimperepithelien zeigen. Vielleicht wirken die Alkalien so, dass sie eine Säuerung des Protoplasmas durch Ermüdung (pg. 545) neutralisiren (Roth); doch schreibt Engelmann selbst geringen Mengen von Säuren, Alkohol und Aether wiederbelebende Kraft zu. Die Samenfäden des Frosches können viermal nach einander ohne Nachtheil einfrieren, sie ertragen eine Hitze bis 43,75° C. und leben in den in die Bauchhöhle anderer Frösche überpflanzten Hoden bis 70 Tage (Mantegazza).

Bewegungshemmende Mittel.

Indifferente Flüssigkeiten.

Wiederbelebende Mittel.

Resistenz ihrer Form.

Wegen ihres grossen Gehaltes an Erden können Samenfäden auf einem Objectglase ausgeglüht werden, und dennoch behalten sie ihre Form (Valentin) [ähnlich den sehr aschenreichen Zellen mancher Pflanzen, z. B. der Equiseten]. Auch Salpeter-, Schwefel-, Salz-Säure, kochende Essigsäure, kaustische Alkalien zerstören die Gestalt nicht. Die organische Substanz gleicht dem festweichen Eiweiss der Epithelien.

Entwickelung der Samenfäden.

Die Entwickelung der Samenfäden ist erst in der neueren Zeit nach zahlreichen Untersuchungen (Letzterich, Neumann, de la Valette St. George, Merkel) klar gelegt worden, vornehmlieh durch v. Ebner (1871), dessen Resultate gleichzeitig und unabhängig von mir gefunden wurden. Auf der Innenfläche der mit spindelförmigen Zellen ausgestatteten Wand der Samencanälchen liegt eine kernhaltige protoplasmatische Schicht, von der sich in das Innere des Lumens hinein grosse, 0,053 mm. lange, säulenartige Fortsätze erheben, die sich am freien Ende in mehrere rundlich ovale Lappen ährenartig erstrecken, die Spermatoblasten (v. Ebner), oder die Samenähren (Landois). Dieselben bestehen aus weichem, feinkörnigen Protoplasma, und tragen meist im unteren Theile einen ovalen Kern. Im Laufe der Entwickelung verlängert sich jeder Lappen der Samenähre in eine lange Cilie (den Grannen einer Aehre ähnlich), und in der Tiefe des Lappens bildet sich durch Verdichtung des Protoplasmas der Kopf mit dem Mittelstücke des Samenfadens aus. In

Spermatoblasten oder Samenähren.

diesem Stadium gleicht die Samenähre einer mächtigen, unregelmässig geformten Cylinderepithelzelle. Ist die Reifung vollendet, so lockert sich der Kopf und das Mittelstück aus dem Mutterboden, und der zurückgebliebene Spermatoblast gleicht nun mit seinen kelchförmigen, durch die Lösung entstandenen Lücken einer ausgedroschenen Aehre. Am Samenfaden selbst erkennt man oft noch lange ein anhaftendes Protoplasmaklümpchen an der Grenze der Cilie und des Mittelstückes, ein mitgenommenes Restchen der Samenähre. — Zwischen den Spermatoblasten liegen zahlreiche rundliche, amöboide, hüllenlose, mit Fäden vereinigte Zellen, welche den Saft des Samens zu secerniren scheinen, und welche man daher als Samensaftzellen bezeichnen kann. — So ist also die Entwickelung nach den Samenfäden eine losgelöste, selbstständig bewegliche Cilie eines grossen Wimperepitheles. — Es soll jedoch bemerkt werden, dass manche Forscher sich dieser Darstellung nicht anschliessen (de la Valette St. George, Merkel u. A.) und sich zum Theil noch einer älteren Anschauung zuneigen, nach welcher die Samenfäden endogen innerhalb rundlicher Zellen entstehen sollten.

Samensaftzellen.

Bei den meisten Thieren haben die Samenfäden die Haarform mit grösseren oder kleineren Köpfchen. Letztere sind elliptisch (Säuger) oder birnförmig (Säuger) oder walzenförmig (Vögel, Amphibien, Fische) oder korkzieherförmig (Singvögel, Haie, Paludinen) oder einfach haarförmig (Insecten u. A.). Unbewegliche Samenzellen, ganz von der Fadenform abweichend, finden sich bei den Myriapoden und Austern.

Formen der Samenfäden.

435. Das Ei.

Das menschliche Ei (C. E. v. Baer, 1827) ist eine 0,18 bis 0,2 Mm. grosse kugelförmige Zelle, an der man eine dicke feste elastische, fein radiär gestreifte Hülle (Zona pellucida), den protoplasmatischen, körnigen, contractilen Inhalt (Dotter, Vitellus), den darin liegenden hellen bläschenförmigen Kern, 40—50 μ (Keimbläschen Purkinje, 1825, Coste, 1834) mit dem Kernkörperchen, 5—7 μ (Keimfleck, R. Wagner, 1835) erkennt. — Ueber das chemische Verhalten des Eies ist pg. 424 berichtet.

Das Ei als Zelle.

Die Zona pellucida, auf deren Oberfläche oft Zellen des Graaf'schen Follikels haften, scheint eine vom Follikel secundär erzeugte Cuticularmembran zu sein (Pflüger); nach innen von ihr liegt unmittelbar dem Dotter eine sehr zarte Membran an, welche wohl die ursprüngliche Zellmembran der Eizelle ist (E. van Beneden). Die feinradiäre Streifung der Zona ist auf das Vorhandensein zahlreicher Porencanälchen bezogen (Kölliker). Ob in derselben ausserdem noch eine besondere für das Eindringen der Samenfäden bestimmte Mikropyle (Keber) vorhanden ist, bleibt unentschieden.

Zona. *Eimembran.* *Mikropyle.*

An den Eiern vieler Thiere wird eine besondere Mikropyle beobachtet [Holothurien, viele Fische (Stichling, Buchholtz), Muscheln u. A. (Joh. Müller)]. Ausserdem besitzen einige Eier eine Anzahl auf einem besonderen Terrain der Eihaut bestehende Porencanäle (viele Insecten, z. B. Floh), die theils dem Eindringen der Samenfäden, theils dem respiratorischen Gasaustausche des Eies dienen.

Porencanälchen.

Die Entwickelung der Ovula geschieht in folgender Weise. Die Oberfläche des Ovariums ist mit einem Cylinderepithel überzogen,

Entwickelung des Eies.

welches sich stellenweise in schlauchförmige Vertiefungen der Ovarialoberfläche einsenkt (Waldeyer). Diese Schläuche (welche nach Waldeyer der Keimanlage des Ovariums entstammen) werden tiefer und tiefer, und man beobachtet zugleich im Innern derselben theils einzelne grössere kugelförmige Zellen mit Kern und Kernkörperchen, theils wandständige kleinere zahlreichere Zellen. Jene Schläuche sind die Ovarial- oder Eischläuche (Valentin); die grösseren runden Zellen sind die Eier (Ureier), die kleineren Zellen sind die Epithelien der Schläuche. Weiterhin vergehen die offenen Mündungen der Eischläuche, und die letzteren werden in einzelne rundliche Abtheilungen durch Hineinwachsen des Ovarialstromas abgeschnürt. Jede abgeschnürte Abtheilung, welche meist ein, mitunter auch zwei Eier birgt, wird zu einem Graaf'schen Bläschen. Letztere erweitern sich, nehmen Flüssigkeit auf, ihre wandständigen Zellen werden zum Epithel des Follikels, oder zu den Granulosazellen, die an einer besonderen Stelle das Ei umwuchert halten. Diese letzteren Zellen, auch Cumulus proligerus s. Discus oophorus genannt, sind mehrfach geschichtet, spindel- und cylinderförmig, — sie liefern die Zona; nach einigen Forschern soll auch der Dotter zum Theil von diesen Zellen in das Ovulum hinein abgesondert werden, und es sollen sogar einzelne Zellen in das Ei einwandern. Die Follikel, anfangs nur 0,03 Mm. gross, erhalten ihre volle Ausbildung erst zur Zeit der Geschlechtsreife. Die heranreifenden senken sich erst tiefer in das Stroma des Ovariums hinein, erweitern sich durch Flüssigkeitsaufnahme (Liquor folliculi), erhalten eine gefässreiche selbstständiger hervortretende Hülle (Theca folliculi), und ihr Epithel (Membrana granulosa) vermehrt sich in gleicher Weise zu einer mehrschichtigen kleinzelligen Lage. Bei der letzten Reifung tauchen sie aus der Tiefe des Stromas wieder gegen die Oberfläche des Ovariums hervor, erhalten einen Durchmesser bis zu 1,0—1,5 Mm. und sind nun bis zum Bersten reif. (Das schwierige Studium der Eientwickelung ist besonders durch Barry, Pflüger, Billroth, Grohé, Schrön, His, Waldeyer, Kölliker, Koster u. A. gefördert.)

Graaf'sche Follikel.

Holoblastische und meroblastische Eier.

Nach demselben Typus wie das Ei der Säuger ist das der Batrachier und Cyclostomen gebaut: man nennt sie holoblastische Eier, weil ihr Inhalt ganz und gar in die zum Aufbau des Embryos dienenden Bildungszellen sich umwandelt. — Ihnen gegenüber haben die Vögel, die Monotremata unter den Säugern, die Reptilien und die übrigen Fische sogenannte meroblastische Eier (Reichert). Diese enthalten nämlich ausser dem (weissen) Bildungs-Dotter, der dem Dotter der holoblastischen Eier entspricht und die embryonalen Zellen liefert, noch den sogenannten Nahrungsdotter (beim Vogel gelb), welcher während der Entwickelung das Nahrungsreservoir für den Embryo abgibt. — Die Entwickelungsgeschichte des Vogeleies hat gezeigt, dass nur die kleine weisse, auf der Mitte der Oberfläche der gelben Dotterkugel liegende runde, feinkörnige, protoplasmatische Keimschicht (Hahnentritt, Cicatricula), 2,5—3,5 breit und 0,28—0,37 dick, dem Säugerei-Inhalte entspricht, also der Bildungsdotter ist. In ihm liegt das Keimbläschen und der Keimfleck; [ausserdem setzt sich von hier aus eine flaschenförmige weisse Dottermasse bis in das Centrum des Dotters fort (Parkinje's Latebra) und eine äusserst dünne Rinde um den Dotter (weisse Dotterrinde)]. Das Dottergelb (Nahrungsdotter) besteht aus weichen, gelben, 23—100 μ grossen, kernlosen, gegen einander oft leicht polyedrisch abgeflachten Zellen. Diese sind aus einer proliferirenden

Die einzelnen Theile des Vogel-Eies.

Bildungsdotter.

Nahrungsdotter.

Wucherung der Granulosazellen des Graaf'schen Follikels entstanden, die auch zuletzt noch die körnig-faserige, doppelschichtige Dotterhaut abscheiden (Eimer). Man hat wohl auch den ganzen Dotter des Vogeleies dem Säuger-Ei nebst Corpus luteum äquivalent betrachtet. — Ist die Dotterkugel im Vogelovarium fertig gebildet, so zerreisst die Hülle des Graaf'schen Follikels und die Dotterkugel geht rotirend durch den Oviduct, dessen wie Züge des Gewehrlaufes gerichtete Schleimhautfalten stets eine bestimmte Rotation bedingen. Zahlreiche Drüsen des Oviductes sondern das Eiweiss ab, das sich also um den Dotter schichtweise herumwickelt, wobei sich am vorderen und hinteren Pole die Chalazen aufrollen. [Da die zähen Eiweissschichten sich wieder abzuwickeln streben, so rotirt im Vogelei das Eiweiss um den Dotter, und wenn man frischgelegte Eier in concentrirter Kochsalzlösung schwimmen lässt, so rotiren alle Eier in demselben Sinne] (H. Landois). Die Fasern der Membrana testacea sind spontan geronnene, spiralig um das Eiweiss gewundene Eiweissfäden, um welche ein aus Eiweiss und Kalk gemischter sehr poröser Mörtel (Testa) im unteren Theile des Oviductes abgelagert wird. Eine structurlose poröse, schleimige, mitunter fettige Cuticula liefert die äusserste Schalenlage bei einigen Vögeln. Die Kalkschale des Vogels wird theilweise zum Aufbau der Knochen verwendet.

Dotterhaut. *Eiweis.* *Eischale.*

436. Pubertät.

Pubertätszeit.

Die Zeit, in welcher der Mensch beginnt geschlechtsreif zu werden, wird die Pubertätszeit genannt; für das weibliche Geschlecht im 13.—15., für das männliche im 14.—16. Jahre. In heissen Klimaten werden die Mädchen wohl schon im 8. Jahre geschlechtsreif. Gegen das 45.—50. Jahr erlischt mit dem Aufhören der Menses die Geschlechtsproduction des Weibes (Anni climacterici, Involutio), während beim Manne die Production von Samen noch bis in das höchste Alter beobachtet wird. Von der Pubertätszeit an erwacht der Geschlechtstrieb und es werden die gereiften Keimstoffe ausgestossen. Alle inneren und äusseren Geschlechtsorgane nebst ihren accessorischen Gebilden vergrössern sich und werden blutreicher, das Becken des Weibes wird charakteristisch weiblich. Ueber die Brüste siehe pg. 419. Die Scham- und Achselhaare, beim Manne die Barthaare, sprossen hervor neben einer stärkeren Talgabsonderung.

Veränderungen an den Genitalien.

Auch in manchen anderen Organen bringt die Pubertätszeit Veränderungen hervor: Der Kehlkopf des Knaben wächst in sagittaler Richtung bedeutend, die Stimmbänder werden länger und dicker, daher die Stimme mindestens 1 Octave tiefer wird (indem sie „bricht"). Beim Weibe wird der Kehlkopf im Ganzen länger, auch hier wird der Stimmumfang vergrössert. Die vitale Capacität (pg. 213, 5) nimmt, der Vergrösserung des Thorax entsprechend, erheblich zu; die ganze Gestalt und das Antlitz erhalten die dem Geschlechte eigenartige Formung, und auch der geistigen Richtung verleiht die Pubertät ein charakteristisches Gepräge. Die auf das Individuum bezügliche vegetative Entwickelung ist vollendet, der Strom des Wachsthums der organischen Kraft geht nun nach neuer Production der Zeugung hin (Joh. Müller).

Veränderungen in anderen Organen.

437. Menstruation.

Aeussere Zeichen der Menstruation.

In regelmässigen Zeitabständen von $27^1/_3$—28 Tagen (Sonnenmonat) kommt es beim geschlechtsreifen Weibe zur Berstung eines oder mehrerer gereifter Graaf'scher Follikel unter gleichzeitiger blutiger Ausscheidung aus den äusseren Geschlechtstheilen. Man nennt diesen Vorgang Menstruation (Menses, Katamenien, Regel, Periode, monatliche Reinigung). Die meisten Weiber menstruiren im 1. Viertel des Mondes, nur wenige zur Zeit des Neu- oder Vollmondes (Strohl). Bei Säugern nennt man den analogen Vorgang Brunst (Aristoteles, Bischoff, 1844); namentlich kommt es bei Fleischfressern, Pferden und Kühen zu blutigem Abgang aus den Geschlechtstheilen (Aristoteles), und die Affen der alten Welt haben eine ausgeprägte menstruale Blutung (Neubert).

Dem Eintritt der Menses gehen zumeist Zeichen voraus, welche auf eine vermehrte Blutwallung zu den inneren Geschlechtsorganen hinweisen: Ziehen im Kreuz und in den Lenden, sowie in der Gegend des Uterus und der Ovarien, die wohl auch auf Druck empfindlich sind, Müdigkeit in den Beinen, Blutwallung und Wärmewechsel in der äusseren Bedeckung. Daneben können Abweichungen von den normalen Vorgängen der Verdauung, Koth- und Harnentleerung und der Hautausscheidung vorkommen. Der sodann erfolgende Ausfluss, erst schleimig, dann blutig währt 3—4 Tage (selten einen Tag bis gegen zwei Wochen); das Blut hat den Charakter des venösen und zeigt, falls reichliche alkalische Genitalsecrete ihm beigemischt sind, eine geringere Tendenz zur Gerinnung, die jedoch bei lebhafter Blutung selbst in Klumpen erfolgen kann. Die Menge des entleerten Blutes beträgt 100—200 Gr. Nach dem Verlauf der eigentlichen Blutung folgt noch ein mässiger Schleimabgang; darnach ist der sexuelle Trieb meist gesteigert.

Die eigentlichen charakteristischen inneren Vorgänge bei der Menstruation betreffen — 1. die Veränderungen an der Uterinschleimhaut und — 2. die Berstung des Eierstocksfollikels.

Die Blutung aus der Uterinschleimhaut.

Die Uterinschleimhaut ist die eigentliche Quelle der Blutung. Das Flimmerepithel der gerötheten, stark geschwellten und gelockerten, weichen, 3—6 Mm. dicken Schleimhaut wird abgestossen. Die Mündungen der zahlreichen gewundenen Drüsen der Uterusschleimhaut sind deutlich, aber ihre Zellen zeigen fettige Entartung, ebenso das intraglanduläre Gewebe an den Zellen und an den Blutgefässen. Diese fettige Degeneration und die Abstossung der entarteten Gewebe nach erfolgtem Zerfalle findet sich jedoch nur in den oberflächlichen Schichten der Mucosa, deren zerrissene Gefässe die Blutung liefern. Die tieferen Schleimhautlagen erhalten sich intact und von ihnen aus erfolgt nach dem Verlaufe der Menses die Reconstruction der gesammten Mucosa (Kundrat und G. J. Engelmann).

Die Ausstossung des Eies.

Der zweite wichtige innere Vorgang, die Ovulation, vollzieht sich am Ovarium: dasselbe wird erheblich blutreicher, der reifste Follikel füllt sich praller, ragt über der Oberfläche hervor und zerberstet schliesslich unter blutiger Zerreissung

seiner Hülle und des Ovarialüberzuges. Zugleich legt sich der durch pralle Gefässfüllung gleichsam erigirte Tubentrichter so an das Ovarium, dass das mit dem Follikelsaft und umgebenden Granulosazellen herausgeschwemmte Ei in die Tube hineinsickert und von hier aus durch das Flimmerepithel der letzteren gegen den Uterus fortbewegt wird Ducalliez und Küss vermochten durch pralle Injection der Gefässe das Aufrichten und Anlegen der äusseren Tubenmündung an das Ovarium künstlich zu imitiren. Rouget weist auf die glatten Muskelfasern der beiden Mutterbänder hin, welche durch Constriction der Gefässe die nothwendige Injectionsspannung der Tubengefässe bewirken sollen.

Pflüger's Theorie der Menstruation.

Ueber den Connex der Ovulumausstossung und der Blutung aus der Uterinschleimhaut stehen sich zur Zeit zwei Ansichten gegenüber. Pflüger betrachtet die blutige Abstossung der oberen Schleimhautschichte des Uterus als eine vorbereitende, physiologisch sich vollziehende „Anfrischung“ des Gewebes (im chirurgischen Sinne), durch welche es befähigt werde, das in den Uterus anlangende Ei durch Verwachsung (wie bei einer Pfropfung, oder Verheilung) fest zu vereinigen, so dass es nun wie ein aufgewachsener oder angeheilter Theil vom neuen Mutterboden aus weiter ernährt werde. — Dieser Auffassung steht eine völlig abweichende entgegen (Reichert, Sigismund, Kundrat und G. J. Engelmann, Gusserow). Unter normalen Verhältnissen kommt es durch einen sympathischen Bildungsvorgang noch vor der Ausstossung des Eies aus dem Follikel (Reichert) innerhalb des Uterus zu einer erheblichen Blutfülle, Lockerung und Schwellung der Schleimhaut. Man nennt die so vorbereitete Schleimhaut die Membrana decidua menstrualis: sie ist in dieser ihrer Verfassung befähigt, ein etwa befruchtetes Ovulum als passende Brutstätte aufzunehmen. Ist das Eichen jedoch nicht befruchtet worden und geht es also nach seinem Durchtritt durch den Geschlechtscanal verloren, so erfolgt nunmehr der Zerfall der Uterinschleimhaut unter Blutung, wie oben geschildert. Hiernach wäre also die Blutung der Uterinschleimhaut ein Zeichen des Nichteintretens der Schwangerschaft: Die Schleimhaut zerfällt, weil sie für diesmal nicht verwendet werden kann; die Menstrualblutung ist hiernach ein äusseres Zeichen, dass das gelöste Ei nicht befruchtet worden ist. Hiernach wäre dann die Schwangerschaft, d. h. die Fruchtentwickelung im Uterus, nicht von der zuletzt dagewesenen, sondern von der zuletzt ausgebliebenen zu datiren.

Theorie von Reichert, Sigismund u. A.

In einzelnen seltenen Fällen kann die Ovulation und die Bildung der Decidua menstrualis getrennt für sich erfolgen. Wenngleich manche Anzeichen zu Gunsten dieser neuen Auffassung sprechen, so bleibt doch noch jene Schwierigkeit bestehen, die nämlich, dass Thiere, welche mehrere Placentarstellen haben (z. B. Kuh), zur Zeit der Brunst aus diesen Stellen Blutausscheidung zeigen.

Corpus luteum.

Bildung des Corpus luteum. Der seines Inhaltes entleerte Follikel collabirt; in seinem Innern ist die Auskleidung der Granulosazellen und ein kleiner Bluterguss, der alsbald gerinnt, zurückgeblieben. Die kleine Risswunde vernarbt zunächst, nachdem schon das Serum resorbirt war. Nun schwillt die

gefässreicher gewordene Wand des Follikels an und treibt nach innen zottenartige Granulationen junger Bindesubstanz reich an Capillaren und Zellen. Ausserdem wuchern aber auch die Granulosazellen, die sich schichtweise gegen das Innere ablagern und sich schliesslich als Zeichen fettiger Entartung mit gelbem Fette füllen (gelber Körper). Die Kapsel geht mehr und mehr allmählich in das Ovarialstroma über. War nach der Menstruation keine Schwangerschaft erfolgt, so erfolgt alsbald Resorption des gebildeten Fettes und Umwandlung des Blutcoagulums zu Hämatoidin (pg. 45) und andern Pigmentderivaten unter gleichmässiger Verschrumpfung des gelben Körpers innerhalb vier Wochen bis auf einen winzigen Rest. Man nennt diese gelben Körper ohne erfolgte Gravidität Corpora lutea spuria. Ist jedoch letztere eingetreten, so ist die Grösse, entsprechend der bedeutend gesteigerten Bildungsvorgänge, eine sehr erhebliche, die Wand ist dicker, die Farbe gesättigter, so dass der Körper noch zur Zeit der Geburt gegen 6—10 Mm. misst und in seinen Resten noch nach Jahren erkennbar bleibt. Der gelbe Körper nach einer Schwangerschaft heisst Corpus luteum verum (Bischoff). — Weitaus nicht alle Ovula des Ovariums gelangen zur Reife, viele gehen durch retrograde Bildung unter (Slavjansky).

Corpus luteum spurium.

Corpus luteum verum.

438. Erection.

Bau des Penis. Anordnung der Gefässe innerhalb desselben.

Die Kenntniss der Blutvertheilung innerhalb des Penis verdanken wir vornehmlich den Arbeiten C. Langer's. Die Albuginea der Schwellkörper besteht aus sehnigem Bindegewebe, dichtgenetztem elastischen Gewebe und glatten Muskelfasern, die eine feste fibröse Hülle bilden, von der aus in das Innere zahllose gleichgebaute Bälkchen ausgehen, welche den Schwellkörpern das Gefüge eines Schwammes verleihen. Die so entstandenen anastomosirenden Lücken bilden ein Labyrinth von Venensinus, die vom Endothel ausgekleidet sind. Die grössten dieser Räume liegen im unteren äusseren Theile des Corpus cavernosum, im oberen Abschnitte nehmen die Räume an Zahl und Grösse ab. Die kleineren Arterien eines Schwellkörpers entspringen aus einem am Septum entlang laufenden Stamme der A. profunda penis und treten in sehr geschlängeltem Laufe auf die Bälkchen. Von den kleinen Arterienästchen gehen im Rindengebiete einige direct in die grösseren Venenräume über, aber auch im Innern der Schwellkörper kommen derartige directe Uebergänge von Arterien in die venösen Räume vor. Es findet sich aber auch eine capillare Verästelung in der Rinde und im Innern der Schwellkörper, die sich in die venösen Räume eröffnet. [Die von Joh. Müller beschriebenen Art. helicinae penis sind nur umgebeugt auf einander liegende Schenkel mehr weniger vollkommen injicirter Arterienschlingen, deren Auftreten durch den strangförmigen Verlauf der Bälkchen bedingt ist.] — Aus dem Innern der Schenkel des Penis entwickeln sich mittelst feinerer Wurzeln die Venae profundae penis. Ausserdem treten aus den cavernösen Räumen auch auf dem Rücken des Penis venöse Zweige hervor, die in die Vena dorsalis penis übergehen. Da diese Zweige durch die Maschen des Gefässnetzes in der Rinde der Corpora cavernosa penis hindurchtreten, so ist es ersichtlich, dass eine durch pralle Füllung dieser Netze eintretende Verengerung der Maschen comprimirend auf die durchtretenden Venenästchen wirken muss. — Das Corpus cavernosum uretrae besteht zum grössten Theile aus einer äusseren Lage dicht neben einander liegender und anastomosirender Venen, welche die mehr längsverlaufenden Gefässe der Uretra umgeben.

Wesen der Erection.

Das Wesen der Erection besteht in einer starken Füllung der Blutgefässe des Penis, wobei sich eine 4—5fache Volumsvergrösserung, höhere Temperatur, Steigerung des Blutdruckes in den Penisgefässen bis zum $^1/_6$ des Carotisdruckes (Eckhard), unter anfänglicher pulsatorischer Bewegung, vermehrte Consistenz und die Richtung mit Ausbildung der Scheidenkrümmung am Dorsum penis zeigt.

Der einleitende Vorgang besteht in einer bedeutenden Vermehrung des arteriellen Blutzuflusses, wobei die Arterien sich erweitern und stärker pulsiren; — dieser wird beherrscht von den Nervi erigentes. Diese den Vasodilatatoren angehörigen Gefässnerven können zum Theil reflectorisch erregt werden durch Reizung der sensiblen Penisnerven, wobei die Uebertragung der Erregung im Erectionscentrum des Rückenmarkes statthat (vgl. pg. 710, 4). So können auch durch willkürliche Bewegungen am Genitalapparate bewirkte Gefühlserregungen (durch die Mm. ischio- und bulbo-cavernosi und die Cremasteren) diesen Reflex auslösen; selbst die Vorstellung von Gefühlserregungen am Penis ist hierzu geeignet.

Einleitender Vorgang.

Nervi erigentes.

Das Erectionscentrum im Rückenmarke (pg. 710, 4) ist aber natürlich dem dominirenden Vasodilatatorencentrum der Oblongata (pg. 740) untergeordnet, von welchem aus abwärts durch das Rückenmark Verbindungsfasern zu jenem hinziehen. Daher hat auch eine Reizung des Rückenmarkes aufwärts Erection zur Folge (pg. 741).

Erections-centrum.

Auf das Gebiet der genitalen Vasodilatatoren hat endlich auch die psychische Thätigkeit des Grosshirns einen entschiedenen Einfluss. Ganz ähnlich wie die psychische Erregung des Zornes und der Scham Dilatation der Gefässe am Kopfe durch Erregung der Dilatatoren zur Folge hat, so hat die Lenkung der Vorstellung auf die Geschlechtssphäre eine Einwirkung auf die Nn. erigentes zur Folge. Diese Einwirkung des Gehirnes ist uns seit dem Bekanntwerden der Abhängigkeit der localen Gefässweite von der Hirnrinde (pg. 754) verständlich geworden. Von der Hirnrinde werden wahrscheinlich die Fasern durch die Pedunculi cerebri und den Pons verlaufen, durch deren Reizung in der That Eckhard Erection erfolgen sah (pg. 741).

Einfluss des Grosshirns.

Ist so durch die arterielle Fluction die Einleitung der Erection gegeben, so kann nunmehr die völlige Ausbildung derselben durch die Thätigkeit folgender quergestreifter Muskel erfolgen: — 1. der M. ischio-cavernosus, der sich, vom Sitzbein entspringend, durch seine sehnige Vereinigung schlingenförmig um die Peniswurzel schlägt, wird bei seiner Contraction die Peniswurzel von oben und seitlich zusammendrücken, so dass das Entweichen des Venenblutes aus derselben behindert ist (Varolius 1573). Auf die V. dorsalis penis vermag er jedoch nicht einzuwirken, da diese in der dorsalen Penisrinne vor einem Drucke der Sehne geschützt liegt. — 2. Der M. transversus perinei profondus wird von den aus den Schwellkörpern austretenden Venae profundae penis (die sich weiterhin zur Vena pudenda communis und dem Plexus Santorini begeben) derartig durchbohrt, dass seine Contraction diese Venen zwischen den straff horizontal gegeneinander gespannten Fasern comprimiren muss (Henle). — 3. Endlich ist auch der M. bulbocavernosus zur

Vollendete Ausbildung der Erection.

Steifung des Uretralschwellkörpers behilflich, indem er den Bulbus uretrae comprimirt. Alle diese Muskeln können zum Theil willkürlich bewegt werden, wodurch die Erection hochgradiger wird, — unter normalen Verhältnissen erfolgt jedoch ihre Contraction durch reflectorische Reizung von den sensiblen Penisnerven aus (pg. 710, 4).

Die Blutstauung im Penis ist keine vollständige, denn dann müsste in pathologischen Fällen andauernder Erection (Satyriasis) Brand des Gliedes entstehen. — Unterstützend für die Blutanstauung im Penis wirkt noch, dass die Ursprünge der Venen des Penis in den Schwellkörpern selber liegen, deren Härtung sie zusammenpressen muss. Ferner finden sich an den mächtigen Venen des Santorini'schen Geflechtes trabeculäre glatte Muskeln, die bei der Contraction als einspringende Bälkchen in die Venenlumina den Blutabfluss zum Theil versperren.

Erection beim Weibe. Verschluss der Harnröhre.

Die Abhängigkeit der Erection als eines complicirten Bewegungsmechanismus vom Nervensysteme erwies bereits das Experiment von Hausmann, der nach Durchschneidung der Penisnerven bei Hengsten die Erection ausbleiben sah. — Die beim Weibe statthabende Erection ist unvollkommener und erstreckt sich auf die Corpora cavernosa clitoridis und die Bulbi vestibuli. — Während der Erection ist die Harnröhre gegen die Blase hin verschlossen, theils durch Schwellung des Caput gallinaginis, einem Theile des Uretralschwellkörpers, theils durch Wirkung des M. sphincter uretrae, der mit dem M. transversus perinei profundus im Zusammenhange steht.

439. Ejaculation. — Aufnahme des Samens.

Fortbewegung des Samens bis zur Harnröhre.

Bei der Fortbewegung des Samens sind zwei verschiedene Momente zu unterscheiden, nämlich 1. die Leitung desselben von den Hoden bis in die Samenblasen und 2. die eigentliche Ejaculation. Erstere geschieht theils continuirlich durch das Nachrücken neugebildeter Samenmengen, durch das Flimmerepithel (vom Canal des Nebenhodens bis zum Anfang des Vas deferens) und durch die ganz allmählich erfolgende Peristaltik des mit starker Muscularis ausgerüsteten Samenganges selbst. — Zur Einleitung der Ejaculation ist jedoch zunächst eine stärkere Peristaltik der Samengänge und der musculösen Wandungen der Samenblasen thätig. Diese wird reflectorisch durch Erregung des Ejaculationscentrums im Rückenmarke bewirkt (pg. 711, 5). Sobald hierdurch der Samen in die Harnröhre tritt, erfolgt (durch die als mechanischer Reiz wirkende Dehnung der Harnröhre) eine rhythmische Contraction des M. bulbocavernosus, durch die der Samen energisch aus der Uretra hinausgeschleudert wird. Nicht stets ergiessen beide Samenblasen und beide Samenleiter ihren Inhalt in die Harnröhre zugleich; bei nur mässiger Anregung kann zur Zeit nur einer dieser Behälter sich entleeren. Gleichzeitig mit dem Bulbocavernosus ziehen sich auch der Ischiocavernosus und der Transversus perinei profundus zusammen, doch haben diese auf die eigentliche Ejaculation keinen Einfluss.

Ejaculation.

Erscheinungen beim Weibe.

Auch beim Weibe findet unter normalen Verhältnissen auf dem Höhepunkte der geschlechtlichen Erregung ein der Ejaculation ent-

sprechender reflectorisch ausgelöster Bewegungsvorgang statt (Herophilus). Derselbe besteht aus analogen Bewegungen wie beim Manne. Es kommt nämlich zunächst zu einer reflectorisch durch Reizung der Genitalnerven bewirkten peristaltischen Bewegung der Tuben und des Uterus von den Tubenenden bis zur Portio vaginalis. Durch diese (der Peristaltik der Vasa deferentia beim Manne entsprechende Bewegung) wird eine gewisse Menge schleimigen Inhaltes, welcher normal die Uteruswände befeuchtet, in die Scheide ausgepresst. Hieran schliesst sich nun die rhythmische Contraction des (dem Bulbocavernosus analogen) Sphincter cunni (mit welchem gleichzeitig auch die unbedeutenden Ischiocavernosi und der Transversus perinei profundus thätig sind). Durch die kräftige Zusammenziehung des faserreichen Uterus und seiner musculösen Ligamenta rotunda richtet sich der Uterus auf und senkt sich tiefer gegen die Vagina abwärts, wobei sein Innenraum unter Auspressung des Uterinschleimes sich mehr und mehr verkleinert. Geht nun weiterhin der Uterus nach Verlauf der Erregung allmählich wieder in den erschlafften Ruhezustand zurück, so aspirirt er den an das Orificium geworfenen Samen in sein Cavum hinein (Aristoteles, Bischoff, Litzmann, Eichstedt).

Aspirirende Wirkung des erregten Uterus.

Uebrigens ist eine derartige Aufnahme des Samens durch die Aufsaugung des maximal erregten Uterus zur Befruchtung keineswegs erforderlich (Aristoteles). Es können nämlich die Samenfäden auch von der Portio vaginalis aus durch den klaren Schleimfaden, der normal von der Uterinhöhle aus bis durch den Cervicalcanal niederhängt (Kristeller) durch ihre Eigenbewegungen in den Uterus eindringen. Ja, die Beobachtungen über Schwangerschaft ohne Immissio penis aus pathologischen Behinderungsmomenten (Guillemeau 1589), (partielle Verwachsung der Vulva oder Vagina) zeigen, dass die Samenfäden sogar auch durch die ganze Vagina bis in den Uterus hinein gelangen können.

440. Befruchtung des Eies.

Wesen der Befruchtung.

Seit Swammerdam († 1685) weiss man, dass zur Befruchtung der Contact des Eies mit dem Samen nothwendig ist. Der Abt Spallanzani (1768) stellte dann weiter fest, dass den Samenfäden die Befruchtungskraft innewohne (nicht der abfiltrirten Samenflüssigkeit) und dass die Fäden in enormer Verdünnung noch befruchtend wirken können. Barry sah dann (1850) zuerst Samenfäden in das Innere des Eies des Kaninchens hineintreten (Newport 1851 bei Fröschen, Nelson 1852 bei Ascariden, Keber 1853 bei Najaden, Bischoff (anfangs den Angaben widerstreitend) bei Fröschen und Kaninchen (1854). Das Eindringen der Samenfäden erfolgt durch eine bohrende Bewegung durch die Eihülle mit ziemlich grosser Schnelligkeit (Leuckart). Das Eindringen erfolgt eventuell durch etwa vorhandene Porencanälchen oder durch die Mikropyle (Keber) (pg. 895).

Theorie der Befruchtung.

Die Art und Weise, wie der Same seine befruchtende Kraft auf das Ei überträgt, durch welche letzteres entwickelungsfähig wird, verglich Aristoteles mit der Wirkung des Lab auf die Milch, Bischoff mit der Wirkung der Hefe auf gährungsfähige Massen (also als eine Contactwirkung). Es sollten die

beweglichen Samenfäden auf das Ei die Bewegung der weiteren Entwickelung und des Wachsthums übertragen. Derartige Theorien können nicht befriedigen, zumal man weiss, dass auch unbefruchtete Eier [nicht allein bei der Parthenogenesis (pg. 893)] beim Huhn (Oellacher), beim Kaninchen (Hensen), Schwein (Bischoff), den Salpen (Kuppfer) die Initiarstadien der Entwickelung bis zur Furchung durchmachen können, Seesterne sogar bis zur Larvenform (Greeff).

Ort der Befruchtung.

Die Stelle, an der die Befruchtung erfolgt, ist entweder das Ovarium (hierfür spricht das Vorkommen einer Abdominalschwangerschaft) oder die Tube, deren zahlreiche Schleimhautrecessus ein passender Aufenthaltsort der Samenfäden sind (dass die Befruchtung auch hier erfolgen kann, zeigt das Vorkommen der Tubenschwangerschaft). Es muss demnach also der Samen vom Uterus aus durch die Tuben bis zum Ovarium gelangen können, was wahrscheinlich lediglich durch die Eigenbewegungen der Samenfäden geschieht. Ob peristaltische Bewegungen des Uterus und der Tuben mitwirken können, ist ungewiss; die Flimmerbewegung kann jedoch wegen ihres nach aussen gerichteten Wimperschlages nicht mitwirken. Ist das Ei einmal unbefruchtet in den Uterus gelangt, so wird es hier nun nicht mehr befruchtet. Man nimmt an, dass innerhalb 2—3 Wochen das losgelöste Ei in den Uterus anlangt (beim Hunde in 8 bis 14 Tagen).

Mehrfache Befruchtung.

Doppelbefruchtungen (Zwillinge) kommen vor 1 : 87 (in heissen Gegenden öfter); Drillinge 1 : 7600; Vierlinge 1 : 330000. Mehr als Sechslinge sind nicht beobachtet. Die Durchschnittszahl der Empfängnisse des Weibes ist $4^1/_2$.

Ueberschwängerung.

Unter Superföcundation (Ueberschwängerung) versteht man das Vorkommen einer doppelten Befruchtung zweier bei derselben Menstruation gelöster Eier durch verschiedene Begattungen. So kann z. B. eine Stute ein Pferdefüllen und ein Maulthier gebären, nachdem es zuvor vom Hengst und dann vom Esel gedeckt war. So sah man auch Weiber ein Neger- und ein weisses Kind gebären. — Erfolgt jedoch eine zweite Befruchtung in einer späteren Zeit der Gravidität, etwa im zweiten oder dritten Monat, so tritt der seltene Fall der Superfötation (Ueberfruchtung) ein. Es ist jedoch diese nur möglich beim Uterus duplex und fortbestehender Menstruation bis zur Zeit der zweiten Befruchtung. Schon Hippokrates erklärte die Ueberfruchtung aus zwei je für sich trächtig werdenden Hörnern des Uterus, was nach Aristoteles besonders oft bei Hasen sich ereignen soll. Beim einfachen Uterus kann von einer Ueberfruchtung nicht die Rede sein, da ein Schleimpfropf während der Gravidität den Cervicalcanal verstopft hält, wie schon Herophilus wusste; abgesehen davon, dass meist die Menstruation cessirt.

Ueberfruchtung.

Bastarde.

Eine Befruchtung ist auch möglich unter verwandten Arten (Pferd, Esel, Zebra — Hund, Schakal, Wolf, Fuchs — Ziege, Steinbock — Ziege, Schaf — Arten von Lama — Kameel, Dromedar — Tiger, Löwe — Arten von Fasanen — Arten von Finken — Gans, Schwan — Karpfen, Karausche — Arten von Seidenschmetterlingen). Die meisten so erzeugten Bastarde sind steril, vornehmlich wegen Mangels an ausgebildeten Samenfäden der Männchen; die Bastardweibchen sind jedoch wohl auch vom Männchen der beiden Elternarten befruchtbar (z. B. die Maulthierstute (Aristoteles): die Nachkommenschaft schlägt dann aber auf die Elternspecies wieder zurück. Nur wenige Bastarde sind unter sich fortpflanzungsfähig wie die Hasenkaninchen und Hundebastarde.

441. Befruchtungsvorgang am Eichen. Furchung.
Keimblätter. Erste Embryonalanlage.

Veränderung des Keimbläschens.

Die erste eigenthümliche Veränderung betrifft das Keimbläschen, dieses rückt gegen die Oberfläche des Eies hinan und nimmt eine mehr spindelförmige Gestalt an. Um die beiden Pole der Spindel herum gruppiren sich die körnigen Elemente des protoplasmatischen Dotters in je einer eigenthümlichen Strahlenform (Doppelstern, Fol). Ist dies geschehen, so tritt der periphere Pol aus der Eioberfläche hervor, wird abgeschnürt und aus dem Ei in Form kleiner Körperchen wie ein Auswurfskörper ausgestossen. Die eliminirten Körperchen heissen „Richtungskörperchen" (Fol, Bütschli, O. Hertwig). [Die Eliminirung kleiner Körperchen aus dem Dotter war schon früher Bischoff, P. J. van Beneden, Fritz Müller, Rathke u. v. A. bekannt. Man glaubte theils, dass durch sie das ganze Keimbläschen ausgestossen würde, oder nur der Keimfleck desselben.] Der übriggebliebene centralwärts gelegene Theil des Keimbläschens verbleibt innerhalb des Dotters, wandert in den Mittelpunkt des Eies zurück und bildet so den „Eikern" (O. Hertwig, Fol, Selenka) oder den „weiblichen Pronucleus" (E. van Beneden). — Einer von den in das Ei eingedrungenen Samenfäden bewegt sich gegen den Eikern hin, wobei sich sein Kopf mit einem Strahlenkranze umgibt, dann wirft er (die nur zur Fortbewegung dienenden) Kopf und Cilie ab und sein allein übrig bleibendes Mittelstück schwillt zu einem zweiten neuen Kerne an, dem „Spermakern" oder dem „männlichen Pronucleus" (Selenka). Nun verschmelzen der Eikern und Samenkern zu dem neuen Kerne des befruchteten Eies, nachdem der Eikern den Spermakern in einer napfartigen Vertiefung aufgenommen hat. [Die geschilderten Vorgänge sind an den Eiern von Echinodermen (Asterias, Toxopneustes) am ausführlichsten beobachtet.]

Ausstossung der Richtungskörperchen.

Der Eikern.

Der Spermakern. Verschmelzung des Eikerns und Spermakerns zum neuen Kerne.

Furchungsprocess.

An dem so befruchteten Ei zieht sich nun die Dottermasse etwas enger um den neugebildeten Kern, wobei sie sich von der Dotterhaut etwas entfernt, und es erfolgt nun zuerst Theilung des Kernes und dann des Dotters in zwei gekernte Kugeln. Dieser Process, die „totale Furchung" genannt, wiederholt sich nach dem Schema der Zelltheilung nun an den gebildeten zwei Kugeln, so dass nun 4, hierauf 8, dann 16, 32 u. s. w. Kugeln entstehen. Die Theilung endigt erst, nachdem der ganze Dotter in zahlreiche kleine gekernte Kugeln „die Furchungskugeln" oder die hüllenlosen protoplasmatischen „Urzellen" (20—45 μ) zerlegt ist. Mittlerweile ist das Ei durch Aufnahme von Flüssigkeit in das Innere gewachsen. Es legen sich nun alle Zellen polyedrisch abgeflacht an ein-

Bildung der Keimblase. ander und bilden eine zellige Blase, die Keimblase (Vesicula blastodermica), welche der Zona ringsum anliegt (Reg. de Graaf, v. Baer, Bischoff, Coste). Ein kleiner Rest von Zellen wird (da er nicht mehr verwerthet werden kann zu jener Blasenbildung) an irgend einer Stelle der Keimblase anliegend angetroffen. [Bei einigen Thieren (z. B. Kaninchen) umgibt sich die Zona noch mit einer Eiweissschicht (Bischoff).] In diesem Zustande, den Reichert als „bläschenförmigen Zustand“ des Säugereies bezeichnet, ist das Menschenei bis zum 10. bis 12. Tage gebildet (Kaninchen 4, Meerschweinchen $3^1/_2$, Katze 7, Hund 11, Fuchs 14, Wiederkäuer und Dickhäuter 10 bis 12, Reh 60 Tage).

Der bläschenförmige Zustand des Säugethiereies.

Ist die Keimblase (Kaninchen) bis 2 Mm. gewachsen, wobei die Zona zu einer sehr dünnen zarten Haut gedehnt wird, so erscheint an einer Stelle der Fruchthof (Area germinativa) oder der Embryonalfleck (Coste, Kölliker) (Area embryonalis) als ein rundlicher weisser Fleck, in dessen Bereich sich die Keimblase alsbald durch Zellenvermehrung verdoppelt. Das obere Lager heisst Ektoderm, das untere Entoderm, letzteres wächst mit seinen Rändern stetig weiter, so dass es alsbald ebenfalls zu einer völlig geschlossenen Blase geworden ist, die der äusseren (Ektoderm) concentrisch anliegt. Die Area embryonalis wird nun mehr birnförmig, im weiteren Verlaufe nimmt sie eine biscuitförmige Gestalt an. — Die Eihaut erhält nun zahlreiche kleine, im Innern hohle, structurlose Zöttchen und wird nun Chorion primitivum genannt.

Fruchthof. *Ektoderm.* *Entoderm.* *Zotten des Chorion primitivum.*

Im Bereiche des hinteren Endes des birnförmigen Embryonalfleckes entsteht der Primitivstreifen, anfangs als länglich rundliche Verdickung (Hensen), später als Längsstreif. Diese Verdickung beschränkt sich jedoch nur auf das Ektoderm (während das Entoderm im Bereiche des Streifens völlig unverändert ist) und besteht aus vermehrten bis zu drei Schichten über einander gelagerten Zellen. Nun breitet sich vom Primitivstreifen aus zwischen Ektoderm und Entoderm eine neue Zellenlage aus, das Mesoderm (Fig. 187, I), welches sich bald über den Bereich des Embryonalfleckes ausbreitet und bis in den Bereich der Keimblase übergeht. Innerhalb des Mesoderms kommt es zur Bildung von Gefässen, deren Verbreitungsbezirk auf der Keimblase als Area vasculosa bezeichnet wird. — Im Ektoderm bildet sich schon frühzeitig eine Längsrinne aus (die „Rückenfurche“ oder „Primitivrinne“, welche anfänglich nur im Bereiche der vorderen Hälfte des Primitivstreifens erscheint, später sich jedoch nach hinten verlängert, während der Primitivstreif wieder allmählich absolut und relativ abnimmt und undeutlicher wird (Kölliker).

Der Primitivstreif. *Entstehung des Mesoderm.* *Primitivrinne.*

Die an die Embryonalanlage grenzenden Theile der Keimblase werden durchsichtiger, so dass der Embryo von einer Area pellucida umgeben erscheint. (Die geschilderten ersten

Area pellucida.

Bildungsanlagen sind vornehmlich an Kanincheneiern nachgewiesen.) — Wir gehen nun über zur Besprechung der Theile, die sich aus den drei Keimblättern entwickeln.

Aus dem Ektoderm entsteht das Centralnervensystem und die Epidermoidalgebilde einschliesslich der Sinnesepithelien. — Aus dem Mesoderm bilden sich die meisten Körpergewebe. — Aus dem Entoderm gehen das Darmepithel und die von ihm ausgestülpten Drüsenzellen, die sich in den Darm ergiessen, hervor.

442. Bildungen aus dem Ektoderm.

Bildungen aus dem Ektoderm.

Auf dem Ektoderm (äusseres Keimblatt, seröses oder sensorielles oder animales Blatt) vertieft sich die Primitivrinne (Fig. II.) mehr und mehr; die sie begrenzenden Ränder, die Rückenwülste, wachsen mit ihren freien Rändern einander entgegen und stossen endlich in der Medianlinie unter Bildung einer linearen Verwachsung zusammen. So entsteht aus der Furche ein Rohr, das Medullarrohr (III). Die dem Lumen des Rohres zunächst liegenden Zellen werden zu den flimmernden Cylinderzellen des Centralcanales des Rückenmarkes, die übrigen Zellen liefern die Ganglien des Centralnervensystemes und ihre Ausläufer. Am Kopftheile erweitert sich das Medullarrohr zu folgenden hinter einander in abnehmender Grösse liegenden Auftreibungen: das Vorderhirn (erste Anlage der Grosshirnhemisphären), das Mittelhirn (Vierhügel), Hinterhirn (Kleinhirn) und das allmählich in das Rückenmark übergehende Nachhirn (Oblongata) (IV u. V). Unter dem Hinterhirn im Bereiche des Nachhirns schliesst sich die Primitivrinne nicht, es bleibt hier ein offener Eingang zu dem hier liegenden unteren Theil des vierten Ventrikels (Calamus scriptorius). Am Schwanzende zeigt sich auch eine Erweiterung des Medullarrohres, die Lendenanschwellung. Hier bleibt beim Vogel ebenfalls die Primitivrinne dauernd offen und liefert den Sinus rhomboidalis.

Medullarrohr.

Die vier Gehirnblasen.

Gehirnkrümmungen.

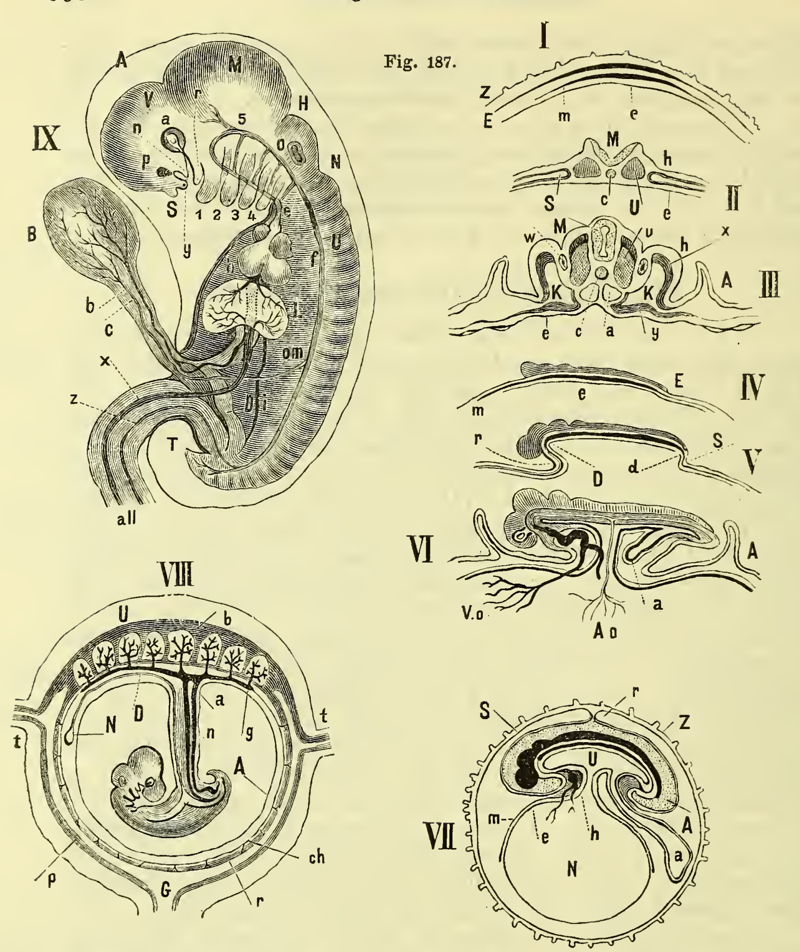
Das Medullarrohr verharrt nicht in gerader Richtung, sondern es krümmt sich und zwar an der Grenze des Rückenmarkes und der Oblongata (Nackenkrümmung), ferner an der Grenze des Nachhirns und Hinterhirns (Brückenkrümmung, Kölliker), endlich fast rechtwinkelig zwischen Mittelhirn und Vorderhirn (Scheitelkrümmung). Anfangs sind alle Gehirnblasen ohne Sulci und Gyri. Aus der Vorderhirnblase wächst jederseits eine gestielte hohle Blase hervor (VI), die primäre Augenblase. — Der ganze übrige Theil des Ektoderms liefert die Epidermoidalschicht des Leibes. Man unterscheidet schon früh das Stratum corneum und das Malpighi'sche Netz (pg. 521), aus ersterem gehen Haare, Nägel, Federn u. s. w. hervor.

Primäre Augenblase.

Partiale Furchung des Vogeleies.

Im Vogelei (und ebenso in den meroblastischen Eiern findet nur eine partiale Furchung statt, d. h. nur der weisse Dotter im Bereiche des Hahnentrittes wird (durch im Uebrigen ähnliche Vorgänge wie beim Säugerei)

Fig. 187.



I Die 3 Keimblätter des Säugethiereies. *Z* Zona pellucida. *E* Ektoderm. *m* Mesoderm. *e* Entoderm. — — *II* Querschnitt vom Hühnchen (mit 6 Urwirbeln) vom 1. Tage: *M* Primitivrinne. *h* Hornblatt. *U* Urwirbel. *c* Chorda dorsalis. *S* Die in 2 Lamellen gespaltenen Seitenplatten. *e* Entoderm. — *III* Querschnitt vom Hühnchen vom 2. Tage, in der Gegend hinter dem Herzen. *M* Medullarrohr. *h* Hornblatt. *u* Urwirbel. *c* Chorda. *w* Wolff'scher Gang. *K* Koelom. *x* Hautplatte. *y* Darmfaserplatte. *A* Amniosfalte. *a* Aorta. *e* Entoderm. — — *IV* Schema der ersten Embryonalanlage im Längsschnitt. — — *V* Schema des beginnenden Abschnürungsprocesses. *r* Kopfkappe. *D* Kopfdarmhöhle. *S* Schwanzkappe. *d* Schwanzdarmhöhle in erster Bildung. — — *VI* Schematischer Längsschnitt durch den Embryo nach der Abschnürung. *Ao* Art. omphalomesaraica. *Vo* Ven. omphalomesaraica. *a* Allantoisanlage. *A* Amniosfalte. — — *VII* Schematischer Längsschnitt durch ein menschliches Ei. *Z* Zona pellucida. *S* Seröse Hülle. *r* Zusammenstoss der Amnionfalten. *A* Amnionhöhle. *a* Allantois. *N* Nabelbläschen. *m* Mesoderm. *h* Herz. *U* Urdarm. — — *VIII* Schematischer Durchschnitt durch den schwangeren Uterus zur Zeit der Placentarbildung. *U* Muskelwand des Uterus. *p* Schleimhaut desselben sive Decidua vera. *b* Placenta materna sive Decidua scrotina. *r* Decidua reflexa. *ch* Chorion. *A* Amnion. *n* Nabelstrang. *a* Allantoisblase nebst Urachus. *N* Nabelbläschen mit *D*, dem Ductus omphalomesaraicus. *t t* Tubenöffnungen. *G* Cervicalcanal. — *IX* Menschlicher Embryo zur Zeit der Kiemenbögen (schematisch). *A* Amnion. *V* Vorderhirn. *M* Mittelhirn. *H* Hinterhirn. *N* Nachhirn. *U* Urwirbel. *a* Auge. *p* Nasengrube. *S* Stirnfortsatz. *y* innerer Nasenfortsatz. *n* äusserer Nasenfortsatz. *r* Oberkieferfortsatz des 1. Kiembogens. 1.2.3.4 Die 4 Kiemenbögen mit den zwischenliegenden Spalten. *o* Ohrbläschen. *h* Herz mit *e* der primitiven Aorta, welche sich in die 5 Aortabögen theilt. *f* absteigende Aorta. *om* Art. omphalomesaraica. *b* Die gleiche Arterie auf dem Nabelbläschen, *c* Vena omphalomesaraica. *L* Leber mit den Venae advehentes und revehentes *D* Darm. *i* Cava inferior. *T* Steiss. *all* Allantois mit *z* einer Art. umbilicalis und *x* der Vena umbilicalis.

in zahlreiche Urzellen durch die Furchung zerklüftet (Coste 1848). Diese Zellen ordnen sich in zwei über einander liegende dünne runde Lagen oder Keimblätter. Die oberste Schicht (Ektoderm) ist die grösste und enthält kleinere blassere Zellen; die untere Schicht (Entoderm) [welche anfänglich noch nicht continuirlich liegt und nur in einzelnen vom oberen Lager nach abwärts entsendeten zelligen Fortsätzen (subgerminale Fortsätze; His) angelegt ist] wird später ebenfalls eine continuirliche Schicht; doch ist ihre Peripherie kleiner als die des oberen Blattes. Ihre Zellen sind grösser und stark dunkel granulirt.

Zwischen dem Ektoderm und Entoderm entsteht, vom Primitivstreifen her, als ein Product der Zellenwucherung des Ektoderms (Kölliker), das Mesoderm, welches sich zwischen beide vorigen peripherisch wachsend einschiebt. Der Grösse nach rangiren die drei Keimblätter im Wachsthume dauernd so, dass das oberste das grösste, das mittlere das zweitgrösste, das unterste das kleinste ist. Alle drei wachsen an ihrer Peripherie weiter. Da das mittlere in sich Gefässe entwickelt, so ist dessen Rand stets leicht an dem Sinus, der späteren Vena terminalis, zu erkennen. Der Rand des oberen schliesst die weissgelblich gewellte Area vitellina ein, der des mittleren die Area vasculosa; der Embryo liegt in einer glashellen biscuitförmigen Stelle, der Area pellucida. Da alle drei Blätter schliesslich den ganzen Dotter umwachsen, so stossen ihre Ränder an dem dem Embryo entgegenliegenden Dotterpol zusammen.

443. Bildungen aus dem Mesoderm. Entoderm.

Mesoderm.

Das Mesoderm (Gefässblatt, mittleres Keimblatt, motorisch-germinatives Blatt) bildet unter der Primitivrinne einen cylindrischen Zellenstrang, dicker am Schwanzende als am Kopfende, die Chorda dorsalis (Rücksaite, v. Baer; schon von Malpighi beobachtet und gezeichnet) (Fig. II, III, c). [Sie kommt ausser allen Vertebraten auch den Ascidien (Seescheiden) während ihrer Entwickelung zu (Kowalewsky), doch geht sie hier schon frühzeitig wieder unter.] Sie bildet den Grundstock der Wirbelsäule, um welchen sich die Substanz der Wirbelkörper späterhin so anlagert, dass dieselbe wie die Schnur durch eine Reihe Perlen hindurchzieht. Nach ihrer Anlage umgibt sich die Chorda alsbald mit scheidenartigen Ueberzügen (Gegenbaur, Kölliker). Zu beiden Seiten der Chorda gruppiren sich die Zellen des Mesoderms zu würfelförmigen, stets paarweise hinter einander auftretenden Bildungen, den Urwirbeln (U u. u). Das erste Paar derselben entspricht dem Atlas. Man kann später an jedem Urwirbel einen zelligen Rinden- und einen Kernbezirk unterscheiden. Nur zum Theil geht ihre Masse in die späteren Wirbel über. Der peripherisch von den Urwirbeln liegende Theil des Mesoderms, die Seitenplatten (II, S), liefern durch die Dehiscenz ihrer Zellenlager zwei Lamellen (Casp. Fr. Wolff 1768), die jedoch gegen die Urwirbel hin, durch die Mittelplatten, vereinigt bleiben. Der so entstandene Raum innerhalb der Seitenplatten heisst die Pleuroperitonealhöhle oder das Koelom (III, K) (Haeckel). Die obere Lamelle der gespaltenen Seitenplatte lagert sich innig an das Ektoderm und heisst Hautmuskelplatte (III, x), die innere jedoch tritt an das Entoderm heran und wird Darmfaserplatte (III, y)

Chorda dorsalis. *Urwirbel.* *Seitenplatten.* *Koelom.* *Hautmuskelplatte, Darmfaserplatte, Mittelplatte.*

genannt (Remak). Die einander zugewandten Flächen dieser beiden Platten lassen auf sich das flache Endothel des grossen Pleuroperitonealraumes entstehen. An der dem Koelom zugewandten Fläche der Mittelplatten verbleiben cylindrische Zellen, das „Keimepithel" Waldeyer's, aus welchem die Bildung der Eischläuche und der Ovula hervorgeht (pg. 929).

Aus der Hautmuskelplatte geht nach Remak die Cutis und die Musculatur des Rumpfes hervor nebst den Gefässen; nach His nur die Musculatur des Rumpfes. Die Darmfaserplatte bildet nach beiden Forschern die glatte Musculatur des Nahrungstractus. Schenk lässt aus den beiden Platten nur das Endothel des Koeloms hervorgehen. — Besonders betont werden muss noch die Ansicht von His, welcher die Gefässe nebst Blut und die Bindesubstanzen im Mesoderm nicht autochthon entstehen lässt, sondern annimmt, dass die zum Aufbau derselben bestimmten Zellen von aussen her zwischen das Ekto- und Entoderm einwandern. Sie entstammen den ausserhalb der Embryonalanlage liegenden Elementen; His nennt diese Bildungen parablastische im Gegensatze zu den archiblastischen, welche den drei Keimblättern der Embryonalanlage angehören.

Entoderm. Das Entoderm erleidet in dieser Zeit noch keinerlei Veränderungen, es lagert sich als einzellige dünne Lage den Darmfaserplatten an.

444. Abschnürung des Embryo. Bildung des Herzens und des ersten Kreislaufes.

Bis dahin lag der Embryo mit seinen drei Keimblättern in der Ebene der Blätter selbst. Nunmehr hebt (Fig. IV) sich zuerst der Kopftheil aus der Ebene hervor und wächst frei erhoben mehr und mehr nach vorn hervor. Es entsteht somit vor und unter dem Kopfe eine Einbuchtung der Keimblätter, welche *Kopfkappe.* Kopfkappe genannt wird (V, r). Der hervorgehobene Kopftheil selbst ist im Innern hohl und man kann von dem Innenraum der Keimblase in den hohlen Kopfraum hineingelangen. Letzteren *Kopfdarmhöhle.* nennt man Kopfdarmhöhle (V, D), den Eingang zu derselben die vordere Darmpforte. Die Bildung der Kopfdarmhöhle durch Emporhebung des Kopfes aus der Ebene der drei Keimblätter findet beim Hühnchen schon mit dem 2. Tage statt; beim Hunde am 22. Tage. Ganz ähnlich nur etwas später, (beim Hühnchen am 3. Tage, beim Hunde am 24. Tage) geht die analoge Bildung des Schwanztheiles vor sich, wodurch auch dieser sich frei hervorhebt unter Bildung der Schwanzkappe (S) und der Schwanzdarmhöhle (d), zu der die hintere Darmpforte führt. Der embryonale Körper hängt so mittelst eines anfangs noch weit offenen Stieles mit der Keimblase zusammen. Dieser Stiel heisst Ductus omphalomesaraicus sive vitello-intestinalis. Die an ihm hängende säckchenartige Keimblase heisst nun bei Säugern Nabelbläschen (VII, N), während der analoge viel grössere Sack beim Vogel, welcher Ernährungsmaterial vom gelben Dotter in sich fasst, Dottersack genannt wird. Der

Ductus omphalomesaraicus wird im weiteren Verlaufe enger und obliterirt schliesslich (Hühnchen 5. Tag): dort wo er sich an die Bauchhaut inserirt, entsteht so der Bauchnabel, dort, wo er sich an den Urdarm inserirt, der Darmnabel.

Noch bevor dieser Abschnürungsprocess zur Entwickelung kommt, entsteht von demjenigen Theile der Darmfaserplatte, welche unten die Kopfdarmhöhle begrenzt, die Anlage des Herzens, beim Hühnchen mit Abschluss des ersten Tages als rhythmisch bewegtes Pünktchen (στίγμη κινουμένη des Aristoteles; Punctum saliens); bei Säugern jedoch viel später.

Das Herz (VI) entsteht als eine aus Zellen gebildete hohle blasige Knospe der Darmfaserplatte (ursprünglich als paarige Bildung; His, Dareste). Bald erweitert sich seine Höhle, es wächst, suspendirt an einer mesenterialfaltenartigen Duplicatur (Mesocardium), in das Koelom hinein, dessen in der Umgebung des Herzens liegender Theil nun die Herzhöhle (Fovea cardiaca) genannt wird. Das Herz nimmt weiterhin eine länglich schlauchförmige Gestalt an, dessen Aortentheil nach vorn, dessen venöser Theil nach hinten hin gerichtet ist; dann erfährt es eine leichte ∫-förmige Krümmung. Von der Mitte des zweiten Tages an schlägt das Herz (beim Hühnchen) regelmässig, etwa 40mal in einer Minute.

Vom vorderen (Aorta-) Ende des Herzens geht aus dem Bulbus aortae die Aorta hervor, welche sich vorwärts begibt und in zwei Bögen gespalten (primitive Aorten) dann unter den Hirnblasen sich krümmt und rückwärts vor den Urwirbeln niedersteigt. Beide primitiven Aorten endigen anfangs am Schwanzende des Embryos blind. Gegenüber dem Ductus omphalomesaraicus entsendet jede primitive Aorta beim Hühnchen je eine, bei Säugern mehrere (Hund 4—5) Arteriae omphalomesaraicae (VI, Ao), welche sich innerhalb des Mesoderms auf dem Dottersacke beziehungsweise dem Nabelbläschen in ein reiches Netzwerk von Gefässen vertheilen. Aus diesen sammeln sich rückwärts ziehend (beim Vogel aus dem Sinus terminalis der späteren Vena terminalis der Area vasculosa entspringend) die Venae omphalomesaraicae (Vo), welche am Ductus emporsteigen und mit zwei Stämmen in die beiden venösen Schenkel des Herzens einmünden. So ist der erste Kreislauf geschlossen. Derselbe hat die Bedeutung, dem Embryo Ernährungsmaterial zum Wachsthume und Sauerstoff zuzutragen. Letzterer tritt beim Vogel durch die poröse Eischale aus der Luft, ersteres birgt bis zum Ende der Brutzeit der Dottersack. Beim Säuger werden beide von den Gefässen der Uterinschleimhaut an das Ei geliefert. Beim Vogel wird wegen der Aufzehrung des Dottersackinhaltes das Kreislaufsterrain stetig verkleinert; schliesslich schlüpft gegen Ende der Bebrütung das winzig gewordene Dottersäckchen in die Leibeshöhle hinein. Auf dem Nabelbläschen der Säuger geht der Kreislauf meist schon in früher

Erster Kreislauf.

Zeit wieder unter und das Nabelbläschen wird zu einem winzigen Appendix, während der zweite Kreislauf zum Ersatze des Nabelbläschenkreislaufes sich ausbildet. — Die ersten Gefässe bilden sich beim Vogel in der Area vasculosa schon am letzten Viertel des ersten Tages, noch bevor vom Herzen etwas zu sehen ist. Die Gefässe entstehen aus gefässbildenden Zellen in einer noch nicht sicher erforschten Weise; sie sind anfangs solide und werden später hohl (Kölliker, His) (vgl. pg. 26).

445. Weitere Ausbildung des Leibes.

Leibeswand. Die noch fehlenden Bildungsvorgänge, die zur typischen Ausbildung der Leibesform auftreten, sind die folgenden:

1. Das Koelom gewinnt mehr und mehr an Ausdehnung, und es tritt hierdurch um so deutlicher die Differenzirung zwischen Leibeswand und dem Darmrohr hervor. Letzteres rückt mehr von den Urwirbeln ab, indem sich die Mittelplatten zu einer beginnenden Gekrösebildung verlängern. Die Leibeswand, welche zunächst noch aus dem Hornblatt und der äusseren Lamelle der Seitenplatte besteht (Hautplatte), erleidet eine Verdickung, indem von der Muskelplatte (siehe unten) her die Muskelanlage und von den Urwirbeln her die Knochenanlage nebst den Spinalnerven zwischen Hornblatt und Hautplatte hineinwachsen (Remak).

Wirbelsäule. 2. Von den Urwirbeln löst sich ein dorsalwärts liegendes Stück ab, welches Muskelplatte (Remak) heisst; der übriggebliebene Theil des Urwirbels („eigentlicher Urwirbel“, Kölliker) tritt nun mit dem der anderen Seite zusammen, indem beide sowohl die Chorda völlig umwachsen (Membrana reuniens inferior, Reichert: beim Hühnchen am 3., beim Kaninchen am 10. Tage), als auch das Medullarrohr umschliessen (M. reuniens superior, Rathke, Reichert, beim Hühnchen am 4. Tage). So ist vor dem Medullarrohr eine Verschmelzung der Urwirbelmassen, die die Chorda einschliesst, entstanden, welche den Grundstock aller Wirbelkörper umfasst, während die zwischen Muskelplatten nebst Hornblatt einerseits und dem Medullarrohr anderseits eingeschobene M. reuniens superior die Anlage der gesammten Wirbelbögen nebst den zwischen denselben liegenden Ligamenta interarcuata darstellt. In seltenen Fällen unterbleibt die Bildung der M. reuniens superior: alsdann ist hinten das Medullarrohr nur von dem Hornblatt (Epidermis) überkleidet, entweder in ganzer Ausdehnung oder nur an bestimmter Stelle. Diese Hemmungsbildung heisst Spina bifida (am Kopfe Hemicephalie). Die Wirbelsäule ist in diesem häutigen Stadium durchaus das Ebenbild der Wirbelsäule der Cyclostomen (Neunaugen). — Aus der Memb. reuniens superior bilden sich ausserdem noch die Hüllen des Rückenmarkes und die Spinal-Ganglien und -Nerven.

Die Hautplatten wachsen endlich auch noch nach der Mittellinie des Rückens zu und schieben sich zwischen Muskelplatte und Hornblatt ein: so entsteht die Rückenhaut (Remak).

In der häutigen Wirbelsäule kommt es weiterhin zur Bildung der einzelnen knorpeligen Wirbel hinter einander (Mensch 6.—7. Woche), die jedoch anfänglich nicht geschlossene Wirbelbögen zeigen; letztere schliessen sich beim Menschen im vierten Monat. Jeder knorpelige Wirbel entwickelt sich jedoch nicht aus je einem Paar Urwirbel (also nicht etwa der 6. Halswirbel aus dem 6. Paar Urwirbel), sondern es findet vorher eine neue Gliederung der Wirbelsäule statt (Remak), und zwar so, dass je die untere Hälfte der vorhergehenden und die obere Hälfte der nachfolgenden Urwirbel den definitiven Wirbel bilden. Bei der Verknorpelung der Körper erleidet die Chorda schon eine Reduction, sie erhält sich jedoch mehr in den Intervertebralscheiben. Der Körper des ersten Wirbels verwächst mit dem des zweiten als dessen Zahn (Rathke), ausserdem bildet derselbe den Arcus anterior atlantis und das Lig. transversum (Hasse). Die Chorda lässt sich durch das Lig. suspensorium dentis aufwärts bis in den hinteren Keilbeinkörper verfolgen.

Histiogenese des Knorpels. Die histiogenetische Bildung des Knorpels aus den indifferenten Bildungszellen erfolgt durch Vermehrung und Vergrösserung der Zellen, die schliesslich zu hellen gekernten Bläschen werden. Die Zwischensubstanz kommt wahrscheinlich so zu Stande, dass die Zellen peripher verwachsen und dass ihre äusseren Bezirke (Parietalsubstanz) die Intercellularsubstanz abgibt. Ob letztere feine Canälchen besitze, welche die Knorpellücken verbinden, wird von Einigen behauptet, von Anderen bestritten.

Schlundspalten und Schlundbögen. 3. In den Seiten des Halstheiles entstehen jederseits 4 spaltenförmige Oeffnungen, die Schlundspalten oder Kiemenöffnungen (Rathke) (beim Hühnchen die 3 oberen am 3., die 4. am 4. Tage). Oberhalb der Spalten liegen Verdickungen der Seitenwand, die Schlundbögen. Die Spalten entstehen durch einen Durchbruch des Vorderdarmes von innen her und sie werden mit Entodermzellen umsäumt. Auf den Kiemenbögen, oberhalb und unterhalb jeder Spalte, verlaufen jederseits die bis auf 5 vermehrten Aortenbögen (Fig. 187, IX). Diese Bildungen sind nur bei Fischen dauernd. Beim Menschen verwachsen alle Spalten bis auf die oberste, aus der der Gehörgang, Pauke und Tuba sich umbilden (Huschke, Rathke, Reichert); die Säume der 3. und 4. Spalte sollen zur Thymus werden (Remak). — Die 4 Kiemenbögen werden später grösstentheils zu anderen Bildungen umgeformt.

Urmund und After. In der Mittellinie unter dem Vorderhirn ist eine dünne Stelle vorhanden; hier entsteht erst eine Einbuchtung, dann ein Durchbruch: die Urmundöffnung, (die noch Mund und Nase zusammen umfasst). Später bricht am Steissende ein Grübchen in den Enddarm durch, der After. Letzteres kann unterbleiben und so entsteht die Hemmungsbildung der Atresia ani. — Am Darme entstehen als Ausstülpungen des

Atresia ani.

primären Darmrohres und zwar sämmtlich vom Entoderm und der anliegenden Darmfaserplatte gebildet: die Lungen, die Leber, das Pankreas, die Blinddärmchen (beim Vogel) und die (später zu besprechende) Allantois. — Die Extremitäten treten an dem anfangs gliedlosen Körper als kurze Stummeln hervor.

446. Bildung des Amnion und der Allantois.

Entstehung des Amnion. Während des Abschnürungsprocesses des Embryo entsteht zuerst (am Ende des 2. Tages beim Hühnchen) vor dem Kopfe eine faltenartige Erhebung, bestehend aus dem Ektoderm und der äusseren Lamelle des Mesoderms, und stülpt sich kapuzenartig als Kopfscheide über den Kopftheil des Embryos (VI, A). Später und langsamer entstehen so die Schwanzscheide von hinten her und endlich auch zwischen diesen beiden als seitliche Falten die Seitenscheiden (III, A). Indem alle Falten gegen den Rücken des Embryos hinstreben, verwachsen sie schliesslich zu der Amnionnaht (am 3. Tage, Hühnchen). So entsteht um den Embryo eine Höhle, die sich mit Fruchtwasser füllt. Auch bei den Säugern entwickelt sich das Amnion sehr früh und ganz ähnlich wie beim Vogel (VII, A).

Amniota, Anamnia. Das Amnion und ebenso die Allantois bildet sich nur bei den Säugern, Vögeln und Reptilien, welche daher auch Amnioten genannt werden, während die niederen Vertebraten, die Anamnier, derselben entbehren. — *Chemie des Fruchtwassers.* Das Amnionwasser, eine klare seröse, alkalische Flüssigkeit, spec. Gewicht 1007—1011, enthält ausser Epithelien, Lanugohaaren, $^1/_2$ bis $2^0/_0$ Fixa. Darunter ist etwas Eiweiss, $^1/_{10}$ bis $^1/_3{}^0/_0$, etwas Traubenzucker, Harnstoff, schwefelsaurer und phosphorsaurer Kalk, Kochsalz, milchsaures Natron. Dasselbe beträgt um die Mitte der Schwangerschaft 1—1,5 Kilo, am Ende 0,5 Kilo. Das Fruchtwasser ist fötalen Ursprunges, wie das Vorkommen bei den Vögeln zeigt, und dürfte ein Transsudat der Eihäute sein. Unter den pathologischen Fällen des Hydramnion werden auch die Gefässe der Uterinschleimhaut Wasser absondern. — *Zweck des Fruchtwassers.* Dasselbe schützt den Fötus gegen äussere Insulte, ebenso die Gefässe der Eihäute, es gestattet den Gliedern freie Bewegung und schützt sie vor Verwachsung; endlich ist es wichtig zur Dilatation des Muttermundes beim Gebäract. — Das Amnion ist (beim Hühnchen vom 7. Tage an) contractionsfähig; dies beruht auf glatten Muskelfasern, die sich in der Hautplatte (Mesodermantheil) entwickeln (Remak); Nerven fand man nicht.

Bildung der Allantois. Aus der vorderen Endfläche des Schwanzdarmes wächst anfangs als kleines Doppelhöckerchen, dann hohl werdend ein blasiges Säckchen hervor (VI, a), das in die Koelomhöhle hineinragt: die Allantois oder der Harnsack (beim Hühnchen vor dem 5. Tage, beim Menschen in der 3. Woche). Als echte Ausstülpung des Enddarmes hat die Allantois 2 Schichten, die vom Entoderm und die Darmfaserschicht. Von beiden Seiten treten auf den Sack aus der Art. hypogastrica je eine Art. allantoidis s. umbilicalis, die sich auf der Oberfläche des Sackes verästeln. Die Allantois, wächst (einer stetig sich anfüllenden Harnblase vergleichbar) vor dem Enddarme in der Leibeshöhle gegen den Nabel hin und endlich aus diesem (neben dem Ductus

omphalomesaraicus) heraus sammt ihren Gefässen (VII, a) und zeigt nun beim Vogel und Säuger ein verschiedenes Verhalten.

Verhalten der Allantois beim Vogel.

Beim Vogel zeigt die Allantois, nachdem sie aus dem Nabel hervorgetreten ist, ein excessives Wachsthum, indem sie nach kurzer Zeit die ganze innere Eischale als gefässhaltiger Sack auskleidet. Ihre Arterien, anfangs Aeste der primitiven Aorta, erscheinen mit der Entwickelung der Hinterextremitäten als Aeste der Hypogastricae. Aus den zahlreichen Capillaren der Allantois gehen zwei Venae allantoidis s. umbilicales hervor. Diese treten in den Nabel zurück und gehen anfänglich vereint mit den Venae omphalomesaraicae in die venösen Schenkel des Herzens ein. Beim Vogel hat dieser Allantoiskreislauf (oder zweiter Kreislauf) den Zweck der Athmung, indem seine Gefässe durch die poröse Schale den Gasaustausch unterhalten. Es löst somit dieser Kreislauf die respiratorische Function des Dottersackkreislaufes allmählich ab, was deshalb nöthig ist, weil der stetig an Grösse abnehmende Dottersack keine hinreichend grosse respiratorische Fläche mehr bieten kann. Gegen das Ende der Bebrütung kann der Vogel bereits in der Schale athmen und piepen (Aristoteles), ein Zeichen, dass die respiratorische Function der Allantois wenigstens zum Theil von den Lungen übernommen wird. — Die Allantois ist ferner noch das Ausführungsorgan der Harnbestandtheile. In die Höhle derselben münden nämlich bei Säugern die Ausführungsgänge der Urnieren, die Wolff'schen oder Oken'schen Gänge (bei Vögeln und Schlangen, die eine Cloake besitzen, in die hintere Wand der Cloake). Die Urniere, aus vielen Glomerulis bestehend, führt ihr Secret durch den Wolff'schen Gang in die Allantois (beim Vogel in die Cloake) und das Secret gelangt durch die Allantois aus dem Nabel hinaus in den peripheren Theil des Harnsackes. Remak fand im Allantoisinhalt harnsaures Ammon und -Natron, Harnstoff, Allantoin, Traubenzucker und Salze. — Vom 8. Tage an ist die Allantois des Hühnchens contractil (Vulpian) durch Faserzellen, die von dem Darmfaserplattenantheil stammen.

Die Allantois bei Säugern.

Bei Säugern und beim Menschen ist das Verhalten der Allantois ein theilweise anderes. Aus dem Anfangstheil bildet sich die Harnblase, von deren Vertex der noch anfangs offene Urachus als Rohr aus dem Nabel hinausleitet (VIII, a). Der ausserhalb des Bauches belegene Blindsack der Allantois ist mit etwas harnartiger Flüssigkeit gefüllt. Doch geht beim Menschen dieses Säckchen im Verlaufe des zweiten Monates unter. Es bleiben hier nur die Gefässe, die offenbar in dem Darmfaserplattenantheil der Allantois liegen. [Bei einigen Thieren wächst jedoch das Allantoissäckchen weiter, ohne zu verkümmern, und enthält dann, von der Blase durch den Urachus, eine alkalische, trübe Flüssigkeit, die etwas Albumin, Zucker, Harnstoff und Allantoin enthält.] — Das Verhalten der Allantoisgefässe soll nun im Zusammenhange mit den Eihäuten beschrieben werden.

447. Menschliche Eihäute. Placenta. Fötaler Kreislauf.

Decidua

Wenn das befruchtete Ei in den Uterus gelangt, so wird es hier von einer besonderen Hülle umschlossen, welche Will. Hunter (1775) als Membrana decidua beschrieb, weil sie bei der Geburt mit ausgestossen wird. Man unterscheidet nun zunächst die Decidua vera (VIII, p), welche nichts anderes, als die verdickte, sehr blutreiche, gelockerte und nur lose an der Uterinwand befestigte Schleimhaut des Uterus ist. Von dieser

vera.

aus bildet sich um das Ovulum eine besondere Umwucherung, welche dasselbe wie in eine schwalbennestförmige Tasche aufnimmt: diese dünnere Haut heisst Decidua reflexa (VIII, r). Im 2.—3. Monate ist noch ausserhalb der Reflexa ein Raum im Uterus; im 4. Monate ist die ganze Höhle vom Ovum nebst der Reflexa eingenommen. An einer Stelle liegt somit das Ei der Uterusschleimhaut (Vera) direct an, im grössten Umfange jedoch der Reflexa; an ersterer Stelle bildet sich später die Placenta.

Reflexa.

Bau der Deciduae.

Die Vera setzt sich in die Schleimhaut der Tuben und des Cervicalcanales fort; sie ist im 3. Monat 4—7 Mm. dick, im 4 Monat nur 1—3 Mm., trägt kein Epithel mehr, ist reich an Gefässen, besitzt Lymphräume um die Drüsen und Gefässe (Leopold) und hat in ihrem lockeren Gewebe grosse rundliche Zellen (Decidualzellen, Kölliker), die sich in der Tiefe oft in Spindel- und Faserzellen umwandeln; daneben Lymphoidzellen (Friedländer). Die Uterindrüsen, welche im Anfange der Schwangerschaft mächtig entwickelt waren, gehen vom 3. bis 4. Monat eine Umwandlung ein zu zellenlosen, weiten, buchtigen Schläuchen, die in den letzten Monaten undeutlich werden, und in denen das Epithel gegen die Tiefe hin mehr und mehr schwindet. — Die Reflexa, viel dünner, als die Vera, hat von der Mitte der Schwangerschaft an kein Epithel mehr und ist ohne Gefässe und Drüsen. Gegen Ende der Schwangerschaft verkleben beide Deciduae völlig mit einander.

Amnion und die seröse Hülle.

Wachsthum der Allantois.

Das Ei liegt anfänglich mit kleinen hohlen Zotten bekleidet von der Decidua umschlossen. Die Bildung des Amnion bringt es nun mit sich, dass, nachdem der Verschluss desselben erfolgt ist, eine besondere vom Ektoderm abstammende, völlig geschlossene Blase über den Embryo mit Amnion und über die Nabelblase hinweggeht, also dem Chorion primitivum zunächst liegt. Diese Membran ist die „seröse Hülle" (v. Baer) (VII, S). Sie lagert sich nun dicht an das Chorion uud geht selbst bis in die hohlen Zotten ein. — Die aus dem Nabel hervortretende gefässhaltige Allantois legt sich nun direct der Eihaut an; ihr Bläschen vergeht beim Menschen im 2. Monat, aber ihre gefässreiche Schicht kleidet nun, schnell wachsend, die ganze innere Eihöhle aus, wo man sie am 18. Tage findet (Coste). Von der 4. Woche dringen nun die Gefässe nebst bindegewebigem Gerüst in die reichlicher verästelten hohlen Zotten hinein und füllen sie völlig aus. Nun geht die ursprüngliche Eihülle (Chorion primitivum) unter. Wir haben somit nun ein Stadium der allgemeinen Vascularisation des Chorions: an Stelle des Chorion primitivum, des Abkömmlings der Zona pellucida, ist jetzt als Eihülle die zottige Gefässschicht der Allantois getreten, die von den (vom Ektoderm abstammenden) Zellen der serösen Hülle bekleidet sind. — Dieses Stadium dauert aber nur bis zum 3. Monat: alsdann geht die Vegetation der gefässhaltigen Zotten auf dem ganzen Umfang der Eihaut unter, welcher der Reflexa anliegt. Dahingegen werden die Zotten der Eihaut, soweit sie der Vera direct anliegen, grösser und verästelter. So kommt es zu einem Gegensatz zwischen Chorion laeve und frondosum.

Stadium der allgemeinen Vascularisation.

Stadium der Beschränkung der Vascularisation.

Chorion laeve et frondosum.

Das in seiner Structur bindegewebige, aussen von mehrschichtigem Epithel bedeckte Chorion laeve besitzt noch winzige Zöttchen in grossen Abständen, welche zur Reflexa ziehen. Zwischen Chorion und Amnion findet sich noch eine gallertige Lage (Memb. intermedia) unreifer Bindesubstanz (B. Schultze, Robin).

Placentabildung.

Die grossen Zotten des Chorion frondosum dringen nun in das Gewebe der Uterinschleimhaut ein, wie Wurzeln in ein gelockertes Erdreich. Hierbei durchdringen sie die Wand der grossen, in ihrem Bau den Capillaren ähnlichen, Blutgefässe dieser Stelle, so dass nun die Zotten, vom Blute der Mutter (Uteringefässe) umspült, in diesen sog. kolossalen Decidualcapillaren flottiren (VIII, b). Hiermit ist die Placenta gebildet: man unterscheidet an derselben die Pl. foetalis, welche die Gesammtheit der Zotten umfasst, und die Pl. uterina s. materna, das dem Ei anliegende Terrain der Uterusschleimhaut, die hier ganz besonders gefässreich ist. Beide Theile sind jedoch, auch bei der Geburt, nicht trennbar. Um den Rand der Placenta verlaufen grössere Venengefässe der Mutter, der Randsinus der Placenta. Die Placenta ist das Ernährungs- und Athmungsorgan (pg. 723, 726) des Foetus, der letztere erhält das nöthige Material durch Endosmose von den mütterlichen Bluträumen aus durch die Hüllen und Gefässwände der Zotten, in denen das fötale Blut circulirt.

Placenta foetalis et uterina.

Die Betrachtung einer Placenta zeigt, dass ihre Zotten auf grössere einzelne Terrains vertheilt sind, zwischen denen furchenartige Einschnitte liegen. Man kann diese einzelnen Complexe mit den Kotyledonen der Thiere vergleichen. — Der Sitz der Placenta ist entweder im Fundus uteri, oder seitlich vor einer Tubenöffnung, oder seitlich unter derselben (Placenta lateralis), oder vor dem Orificium internum (Pl. praevia), letzteres ein verhängnissvoller Fall, da durch Zerreissung der Gefässe bei der Geburt der Tod durch Verblutung erfolgen kann. — Der Nabelstrang kann entweder in dem Centrum der Placentarscheibe sitzen (Insertio centralis), oder mehr am Rande (Ins. marginalis), oder es kann der Strang sich an das Chorion laeve inseriren, so dass nun die Gefässe bis zur Placenta durch das dünne Ch. laeve verlaufen müssen (Ins. velamentosa). Man trifft selten neben der Placenta noch eine oder andere versprengte Nebenplacenta (Pl. succenturiata, Hyrtl). — Plac. marginata nennt Kölliker eine solche, die nur in ihrem Centrum Zotten trägt. — Ist die Placenta aus zwei Hälften bestehend, so heisst sie duplex s. bipartita, [bei den Affen der alten Welt constant (Hyrtl)].

Bau des Nabelstranges.

Der Nabelstrang (reif 48—60 Cmtr. lang und 11—13 Mm. dick) ist überzogen von der Amnionscheide. Die Gefässe zeigen bis 40 Spiraltouren (nach Mitte des 2. Monats beginnend), vom Embryo aus von links nach rechts gegen die Placenta gewunden: es sind die 2 stark musculösen und contractilen Arteriae und 1 Vena umbilicalis. Beide Arterien anastomosiren in der Placenta (Hyrtl). Ausserdem enthält der Strang die Fortsetzung des Urachus, den entodermalen Antheil der Allantois (VIII, a), die bis zum 2. Monat erhalten, später oft verkümmert ist. Der Ductus omphalomesaraicus ist als ein fadendünnes Stielchen (VIII, D) des Nabelbläschens (N), welches sich erhält und in der Regel jenseits des Randes der Placenta liegt, (Mayer, B. Schultze) in der Nähe des Bläschens zur Geburtszeit noch präparirbar.

Das Bläschen enthält im Innern kleine Zöttchen, ein Pflasterepithel und die obliterirten Gefässe des ersten Kreislaufes. Die Wharton'sche Sulze, ein gallertartiges Bindegewebe, hüllt alle diese Theile ein: dieselbe enthält bindegewebige Fibrillen, Bindegewebskörperchen und Lymphoidzellen, selbst elastische Fasern. Die gallertige Substanz enthält Mucin. Zahlreiche Saftcanäle mit Endothelauskleidung durchziehen die Sulze (Köster); sonst fehlen Lymph- und Blutgefässe. Nerven findet man 3—8—11 Ctm. vom Nabel (Schott, Valentin).

Der fötale Kreislauf.

Der fötale Kreislauf, welcher nach der Entwickelung der Allantois besteht, hat nun folgenden Verlauf. Durch die 2 Arteriae umbilicales (aus den Hypogastricae) läuft das Blut des Fötus durch den Nabelstrang zur Placenta, wo sich die Arterien in die Capillaren der Placentarzotten auflösen. Zurückkehrend aus diesen sammelt sich das Blut in die Vena umbilicalis (seine Farbe ist von der Farbe des venösen Blutes in den Umbilicalarterien nicht zu unterscheiden). Die Vena umbilicalis wendet sich vom Nabel nach oben und geht unter den Leberrand, gibt eine Anastomose zur Pfortader und verläuft als Ductus venosus Arantii in die untere Hohlvene, welche also das Blut in den rechten Vorhof führt. Von hier leiten die Valvula Eustachii und das Tuberculum Loweri das Blut vorwiegend durch das Foramen ovale in den linken Vorhof, aus welchem es wegen der Valvula foraminis ovalis nicht wieder in das rechte Atrium zurückfliessen kann. Vom linken Vorhof kommt es in die linke Kammer, Aorta, Hypogastrica bis zu den Umbilicalarterien zurück. — Das Blut der oberen Hohlvene des Fötus läuft wegen ihrer eigenartigen Einmündung vom rechten Atrium in den rechten Ventrikel. Von hier geht es in die Art. pulmonalis, die es durch den in ihrer Verlängerung in den Aortenbogen einmündenden Ductus arteriosus Botalli in die Aorta überleitet. Nur wenig Blut geht durch die noch kleinen Aeste der Pulmonalis durch die Lungen. Der Blutverlauf macht es klar, dass der Kopf und die oberen Extremitäten von einem gereinigteren Blute versorgt werden, als der übrige Rumpf, welcher noch das Blut der oberen Hohlvene beigemischt erhält. Nach der Geburt obliteriren den Umbilicalarterien und werden zu den Ligamenta vesicae lateralia; der untere Theil derselben erhält sich als Artt. vesicae superiores. Es obliterirt ferner die Nabelvene als Lig. teres, ebenso der Ductus venosus Arantii. Endlich schliesst sich das Foramen ovale, und der Ductus arteriosus Botalli obliterirt zum Lig. arteriosum.

Verhalten der Eihäute bei mehrfachen Früchten.

Das Verhalten der Eihäute bei mehrfachen Früchten ist folgendes: 1. Bei Zwillingen findet man zwei völlig getrennte Eier mit zwei Placenten und zwei Deciduae reflexae. — 2. Zwei völlig getrennte Eier haben nur eine Reflexa, wobei die Placenten verwachsen, aber ihre Gefässe getrennt sind. Das Chorion ist zwar doppelt, aber an der Berührungsfläche nicht in zwei Lamellen trennbar. — 3. Eine Reflexa, ein Chorion, eine Placenta, zwei Nabelschnüre, zwei Amnien. Die Gefässe anastomosiren in der Placenta (daher stets der centrale Stumpf des

Nabelstranges des erstgebornen Zwillings zu unterbinden!). Hier war entweder ein Ei mit doppeltem Dotter, oder mit zwei Keimbläschen in einem Dotter (oder man muss annehmen, dass nachträglich zwei getrennte Eier so weit verwachsen sind unter Resorption der sich berührenden Choriontheile). — 4. Wie 3, aber nur ein Amnion, entstanden aus der Bildung von zwei Embryonen in demselben Fruchthofe derselben Keimblase.

Eihäute und Placentabildung der Thiere.

Es soll hier noch kurz der Bildung der Eihäute der Thiere Erwähnung geschehen, die man seit Home (1822), Blainville, H. Milne-Edwards, Owen u. A. zur Classification der Säuger benutzt hat. — 1. Die ältesten Säuger haben gar keine Placenta oder Allantoisgefässe, es sind dies die Mammalia implacentalia (Owen), nämlich Beutelthiere und Monotremata (Schnabelthier und Echidna). Diese Thiere haben ausser seröser Hülle und Amnion nur einen grossen gefässhaltigen Dottersack, der jedoch nie eine Placentarbildung eingeht. — 2. Die zweite Gruppe umfasst die Mammalia placentalia (Owen). Unter diesen besitzen a) die M. non deciduata nur (von den Allantoisgefässen versorgte) Chorionzotten, die in Gruben der Uterinschleimhaut stecken, aus denen sie sich bei der Geburt herausziehen (Placenta diffusa, z. B. Pachydermata, Cetacea, Solidungula, Camelida. — Bei den Wiederkäuern stehen die grossen Zotten in Gruppen und wachsen in die Uterindrüsen entsprechender stark hypertrophischer Schleimhautwülste (Kotyledonen), aus denen sie bei der Geburt sich ausziehen. Das Ei ist sehr lang spindelförmig. — b) Die M. deciduata bilden eine so innige Verwachsung der Chorionzotten mit der Uterinschleimhaut, dass von letzterer bei der Geburt das entsprechende Stück abgestossen werden muss. — Hier ist entweder die Placenta gürtelförmig (Pl. zonaria) (Carnivoren, Pinnipedia, Elephas, Hyrax) [ob hier die Zotten in die Drüsen wachsen, ist unermittelt], — oder die Placenta ist scheibenförmig (Pl. discoidea): dies findet sich bei den Affen, Insectivoren, Nagern, Flatterern, Edentaten. Beim Kaninchen ist auch die Nabelblase sehr verbreitert und die grossen Vasa omphalomesaraica betheiligen sich unter Bildung einer Dottersacksplacenta mit an der Placentarbildung. Auch beim Meerschweinchen (das merkwürdiger Weise die drei Keimblätter in umgekehrter Reihenfolge hat, das Entoderm nach aussen, so dass bei der Abschnürung des Embryo letzterer in das Innere der Nabelblase hin sich einsenkt) findet eine starke Betheiligung der Vasa omphalomesaraica an der Placenta statt. — Zuletzt sei noch erwähnt, dass der lebendiggebärende glatte Hai (Mustela laevis) im Fruchthalter eine Dottersacksplacenta bildet (Aristoteles, Joh. Müller).

Implacentalia. Placentalia non deciduata. Pl. diffusa. Pl. polycotylica. Placentalia deciduata. Pl. zonaria. Pl. discoidea. Hai.

448. Chronologie der menschlichen Entwickelung.

12. Tag.

12. bis 13. Tag: Bläschenförmiger Zustand des Eichens (5,5 Mm. und 3,3 Mm im Durchmesser); es existirt die einfache Keimblase mit Fruchthof, Eihülle mit kleinen Zöttchen (Reichert). — Die Eichen vom 15. bis 16. Tag haben 5—6 Mm. im Durchmesser mit einfach cylindrischen Zotten, oder von der Basis zur Spitze mit kolbigen Auswüchsen versehen. Die Eihaut besteht aus jugendlichem Bindegewebe mit darüber liegender platter Epithelienschicht (Breus, Ahlfeld, J. Kollmann).

15.–16. Tag.

Das jüngste Ei von Allen Thomson taxirt dieser auf 15 Tage: Grösse 13,2 Mm., eiförmig, mit Zöttchen besetzt. Keimblase (abnorm klein) 2,2 Mm.; Embryonalanlage 2,2 Mm. mit Rückenfurche und Rückenwülsten überragt an beiden Enden etwas die Blase. Herzanlage vorhanden (und ? ? Amnion). Ein etwas älteres Ei desselben Forschers war 6,6 Mm. gross, mit kurzen, dünnen Zöttchen, hatte eine grosse Keimblase, von der der Embryo (2,2 Mm.) mit geschlossenem Medullarrohr sich begann abzuschnüren. — Eier aus einem Stadium, in welchem die Allantois als freie Blase aus dem Nabel hinausgewachsen, sich noch nicht an die Eihaut angelegt hatte, sind nicht mit Sicherheit bekannt. — 15—18 Tage ist ein Ei von Coste: Grösse 13,2 Mm., Zöttchen klein, leicht verästelt; Embryo 4,4 Mm. lang, von gekrümmter Form mit mässig verdicktem Kopftheile. Amnion, Nabelbläschen (mit breitem Ductus

15.–18. Tag.

omphalomesaraicus), Allantois völlig entstanden, letztere bereits an die seröse Hülle angewachsen. Das S-förmige Herz liegt in der Herzhöhle, zeigt Höhle und Bulbus aortae, aber keine Kammern und Vorhöfe. Die Kiemenbögen und Spalten sind angedeutet, aber letztere noch undurchbrochen. — Auf dem Nabelbläschen ist der erste Kreislauf der zwei Artt. omphalomesaraicae ausgebildet, die Abschnürung nur mässig weit vorgeschritten, der Ductus noch weit offen, zwei primitive Aorten verlaufen vor den Urwirbeln. Die an die Eihaut angewachsene Allantois besitzt ihre Gefässe. Die zwei Venae omphalomesaraicae gehen vereinigt mit den zwei Ven. umbilicales in den venösen unteren Herztheil. Mund in Bildung begriffen. Extremitäten und Sinnesorgane fehlen, Wolff'scher Körper wahrscheinlich vorhanden. — Am 20. Tage (Joh. Müller) war das Ei 15,2—17,6 Mm. gross, Embryo 5,6 Mm. lang, Nabelstrang 1,3 Mm dick. Nabelbläschen in weiter Verbindung mit dem Darme. Das Amnion umhüllt den Embryo und bildet eine Scheide für den Nabelstrang. Drei Paar Kiemenbögen und -Spalten vorhanden, dahinter der hervorragende Herzschlauch. Extremitäten fehlen. — 3. Woche (R. Wagner): Ei 13 Mm., Embryo 4,5 Mm., Nabelbläschen 2,2 Mm., Darm fast ganz geschlossen. Drei Kiemenspalten, Wolff'sche Körper, erste Extremitätenanlage, drei Hirnblasen, Gehörbläschen vorhanden. — 21 Tage (Coste): Besonders bemerkt wurden die Nasengrube, Auge, Ohrblase, vier Kiemenbögen, Mundöffnung (gegen welche Stirnfortsatz und Oberkieferfortsatz heranwachsen), Herz mit zwei Kammern und zwei Vorkammern. Gefässe des Nabelbläschens vorhanden. — Die Embryonen von 25—28 Tagen charakterisiren sich durch das deutliche Gestieltsein des Nabelbläschens und durch bestimmt hervortretende Extremitäten. Grösse des Eies 17,6 Mm, Embryo 13 Mm., Nabelblase 4,5 Mm. mit Gefässen. — Die Embryonen von 28 bis 35 Tagen beginnen sich mehr zu strecken; die Kiemenspalten sind bis auf die erste geschlossen. Die Allantois hat nur noch drei Gefässe, da die rechte Ven. umbilicalis obliterirt ist. — 35 bis 42 Tage alte Embryonen zeigen getrennte Mund- und Nasenöffnungen; Gesicht platt; die Extremitäten zeigen drei Abtheilungen; am Fusse sind die Zehen nicht so scharf ausgebildet, wie die Finger. Der Wolff'sche Körper ist stark reducirt. — Ende des 2. Monats: Ei $6^1/_2$ Cmtr., Zotten 1,3 Mm. lang. Nabelbläschen mit verödetem Kreislauf. Embryo 26 Mm., wiegt bis 4 Gramm. Augenlider und Nase vorhanden, Nabelstrang 8 Cmtr. lang, Bauchhöhle geschlossen, beginnende Ossification in Unterkiefer, Clavicula, Rippen, Wirbelkörper. Geschlecht unbestimmbar. Nieren angelegt. — 3. Monat: Ovum gänseeigross, Beginn der Placenta, Embryo 7 bis 9 Cmtr., wiegt bis 20 Gramm, heisst von jetzt Fötus. Ohrmuschel gebildet, Nabelstrang 7 Cmtr. lang, Beginn äusserer Geschlechtsdifferenz, Nabel im unteren Viertel der Linea alba. — 4. Monat: Fötus bis 17 Cmtr. lang, bis 120 Gramm schwer, Geschlecht deutlich, beginnende Haar- und Nägelbildung, Placenta wiegt 80 Gramm, Nabelstrang 19 Cmtr. lang, Nabel über dem unteren Drittel der Linea alba, zuckende Bewegungen der Extremitäten, im Darm Meconium, Haut mit durchscheinenden Gefässen, Lider geschlossen. — 5. Monat: Fötus 18 bis 27 Cmtr., wiegt 284 Gramm, Kopf- und Lanugohaare deutlich, Haut, noch etwas hellroth und dünn, bedeckt sich mit Vernix caseosa, ist weniger transparent, Gewicht der Placenta 178 Gramm. Nabelschnur 31 Cmtr. lang. — 6. Monat: Fötus 28—34 Cmtr., wiegt 634 Gramm, Gesicht wird fettreicher, weniger ältlich aussehend, Lanugo dichtflaumig, Vernix reichlicher, Hoden im Abdomen, Pupillarmembran und Wimpern vorhanden, Meconium bis im Dickdarm. — 7. Monat: Fötus 35—38 Cmtr., 1218 Gramm wiegend, Descensus testiculorum beginnt, ein Hoden im Leistencanal, Augen öffnen sich, die Pupillarmembran oft in der 28. Woche central geschwunden, ausser den Urwindungen beginnt die Bildung anderer Furchen. Der Fötus ist lebensfähig. — 8. Monat: Fötus 42 Cmtr., 1,5—2 Kilo schwer, Kopfhaar dicht 1,3 Cmtr. lang, Nägel mit freien Rändern, Nabel unter der Mitte der Linea alba, ein Hoden im Scrotum. — 9. Monat: Fötus 47 Cmtr., wiegt $2^1/_2$ Kilo, unterscheidet sich nicht vom reifen Kinde. — Als Merkmal einer ausgetragenen Frucht gilt der Knochenkern in der unteren Epiphyse des Femur von 4—8 Mm. querem Durchmesser (er beginnt Anfangs oder Mitte des 9. Monates, ist am Ende des 9 Monates 2 bis 5 Mm. breit) (Toldt). Oft ist Ende des 10. Monates ein Knochenkern in der oberen Epiphyse der Tibia.

20. Tag. *21. Tag.* *25.—28. Tag.* *28.—35. Tag.* *35.—42. Tag.* *Ende des 2. Monats.* *3. Monat.* *4. Monat.* *5. Monat.* *6. Monat.* *7. Monat.* *8. Monat.* *9. Monat.* *Kennzeichen reifer Früchte.*

Im Anschluss soll noch die Entwickelungsdauer folgender Thiere gegeben werden: Colibri 12 Tage, Huhn, Ente 21 Tage, Gans 29 Tage, Storch 42 Tage, Casuar 65 Tage, Maus 3 Wochen, Kaninchen, Hasen 4 Wochen, Ratte 5 Wochen, Igel 7 Wochen, Katze, Marder 8 Wochen, Hund, Fuchs, Iltis 9 Wochen, Dachs, Wolf 10 Wochen, Löwe 14 Wochen, Schwein 17 Wochen, Schaf 21 Wochen, Ziege 22 Wochen, Reh 24 Wochen, Bär, kleine Affen 30 Wochen, Hirsch 36 bis 40 Wochen, Mensch 40 Wochen, Pferd, Kameel 13 Monate, Rhinoceros 18 Monate, Elephant 24 Monate (Schenk). — Nach Maggiorani retardirt die Anlegung eines Magneten an das bebrütete Vogelei die ersten Entwickelungsvorgänge.

Entwickelungsdauer einiger Thiere.

449. Bildung des Knochensystemes.

Bildung der Wirbel.

Die Verknöcherung der Wirbel beginnt in der 8. bis 9. Woche und zwar entstehen zuerst in jeder Bogenhälfte je ein Knochenpunkt, dann im Körper ein Punkt hinter der Chorda (Robin), der jedoch wohl auch aus zwei dichtliegenden sich zusammensetzt. Im 5. Monat rückt die Knochensubstanz bis zur Oberfläche vor, die Chorda im Körper ist verdrängt; im 1. Jahre verwachsen die drei Stücke. Der Atlas erhält einen Punkt im Arcus anterior und zwei im posterior: Verwachsung im 3. Jahr. Der Epistropheus bekommt einen Kern im 1. Jahre. Die drei Punkte der Sacralwirbel verwachsen im 2. bis 6. Jahre, alle Wirbel unter einander im 18. bis 25. Jahre. Die vier Steisswirbel erhalten je einen Körperpunkt vom 1. bis 10. Jahre. — Die Wirbel produciren in späteren Jahren noch 1—2 Punkte an jedem Dorn, 1—2 Punkte an jedem Querfortsatz, einen Punkt am Proc. mammillaris der Lumbalwirbel, einen Punkt an einzelnen Gelenkfortsätzen (8. bis 15. Jahr, Schwegel). Jede Fläche eines Wirbelkörpers erzeugt noch eine epiphysenähnliche dünne Knochenplatte, die im 20. Jahre noch sichtbar sein kann. Haufen von Chordazellen erhalten sich noch beim Erwachsenen in der Intervertebralscheibe. So lange Steissbeinwirbel, Zahn des Drehers und Schädelbasis knorpelig sind, liegen auch in ihnen noch Chordareste (H. Müller).

Rippen und Brustbein.

Die Rippen sprossen aus den Urwirbeln hervor, ihre erste Anlage kommt jedem Wirbel zu. Die Thoraxrippen verknorpeln im 2. Monate und wachsen in die Brustwand vor, wobei die 7 oberen durch einen knorpeligen medialen Verbindungsstreif vereinigt sind (Rathke). Letzterer ist die halbe Sternumanlage; stossen später beide in der Mittellinie zusammen, so ist das Sternum gebildet. (Hemmungsbildung der Fissura sterni; die falschen oberen Rippen zeigen gewissermassen die Fissura sterni normal; Löcher im Sternum als Reste einer Spalte sind häufig). Im 6. Monate tritt ein Knochenpunkt im Manubrium auf, darunter 4—13 paarweise im Corpus, einer im Processus ensiformis. — Jede Rippe bekommt einen Knochenpunkt im Körper im 2. Monate, im 8.—14. Jahre je einen im Tuberculum und Capitulum; Verschmelzung im 14.—25. Jahre. — Die Rippenanlagen vor den Proc. transversi am Halse werden zu den vorderen Spangen dieser Fortsätze. Der 7. und 6. Wirbel erhält selten isolirte kurze echte Halsrippen (bei Vögeln sind die Halsrippen grösser entwickelt). — Im Lendentheile werden die knorpeligen Rippenanlagen später zu den Proc. costarii (transversi der Alten). Mitunter bildet sich eine 13. Rippe aus. [Der Proc. accessorius der Lendenwirbel ist der wahre Proc. transversus, wie sich am Skelet des Affen leicht ergibt.] Die Sacralwirbel haben ebenfalls 3 bis 4 Rippenanlagen, die nach dem 6. Jahre mit der Superficies auricularis verwachsen. An den Steisswirbeln ist das Rippenstück noch nicht gefunden.

Fissura sterni. *Halsrippen.* *Lendenrippen.*

Schädel.

Der Schädel, das geschlossene Ende des Wirbelrohres, besitzt im Axialtheile seiner Basis die Chorda bis zum vorderen Keilbeinkörper. Derselbe ist zuerst ganz häutig angelegt (häutiges Primordialcranium), darauf werden die basalen Theile im 2. Monate knorpelig und zwar alle wie aus einem Guss zusammenhängend: Os occipitis mit Ausnahme der oberen Hälfte der Schuppe, vorderes und hinteres Keilbein mit den Flügeln, die Pyramiden und Warzentheile des Felsenbeines, das Siebbein nebst Nasenscheidewand und die wenig entwickelte äussere knorpelige Nase. Die übrigen Schädeltheile bleiben häutig. So hat man ein häutiges und ein knorpeliges Primordialcranium unterschieden (Jacobson 1844). [Bei Thieren (Schwein) kann auch die ganze Occipital- und zum Theil die Parietalgegend knorpelig werden (Spöndli).]

Häutiges und knorpeliges Primordialcranium.

Os occipitis. Die Verknöcherung der einzelnen Schädelknochen vollzieht sich nun wie folgt: — I. Os occipitis erhält im 3. Monat einen Knochenpunkt in der Pars basilaris, je einen in der Pars condyloidea und zwei in den Fossae cerebelli. Dazu kommen in den (häutigen) Fossae cerebri zwei Punkte. Die vier Punkte der Schuppe verwachsen schon intrauterin, doch ist noch vom Rande jederseits ein Spalt zwischen dem oberen und unteren Schuppentheil zu sehen. Im 1. bis 2. Jahre verwachsen alle übrigen Punkte. Sehr selten bleibt die obere Schuppenhälfte ein halbmondförmiger Knochen für sich (wovon ich ein schönes Beispiel vor mir habe), mitunter eine Hälfte dieses Theiles. An manchen Schädeln zeigen die obere und die untere Schuppenhälfte Wachsthumsdifferenzen. — *Hinteres Keilbein.* II. Das hintere Keilbein hat folgende Knochenpunkte vom 3. Monat an: Zwei in der Sella turcica, zwei im Sulcus caroticus, zwei in beiden Alae magnae, die auch die Lamina externa des Proc. pterygoideus bilden (während die nicht knorpelig vorgebildete innere Lamina vom Oberkieferfortsatz des ersten Kiembogens herstammt). In der zweiten Hälfte des Fötallebens vereinigen sich diese Punkte bis auf die Alae magnae; knorpelig ist dann noch die Sattellehne und der Clivus bis zur Synchondrosis spheno-occipitalis, die vom 13. Jahre an ossificirt. — *Vorderes Keilbein.* III. Das vordere Keilbein hat vom 3. Monat zwei Punkte in den Alae parvae, dann zwei im Corpus. Im 6. Monat verwachsen diese, doch findet sich noch im Innern Knorpel vor (Virchow), dessen Reste noch das 13. Jahr erleben. — *Siebbein.* IV. Das Siebbein erhält im 5. Monat einen Kern im Labyrinth nebst Papierplatte, Muscheln und Siebplatte, dann im 1. Jahr einen Kern in der Lamina perpendicularis nebst Crista galli. Die Verwachsung erfolgt im 5. bis 6. Jahre. — *Häutig präformirte Knochen.* V. Zu den häutig gebildeten Knochen gehören die innere Lamina des Proc. pterygoideus (ein Punkt), die obere Hälfte der Occipitalschuppe (zwei Punkte), das Scheitelbein (ein Punkt im Tuber parietale), das Stirnbein (ein Punkt im Tub. frontale), dazu noch drei kleine in der Spina nasalis, Spina trochlearis und Proc. zygomaticus (Rambaut und Renault), das Nasenbein (ein Punkt), die Schläfenschuppe (ein Punkt), der Paukenring (ein Punkt), das Thränen-, Pflugschar- und Zwischenkieferbein). Man nennt alle diese Knochen auch wohl Deck- oder Belegknochen; sie bilden sich in einer besonderen häutigen Anlage, welche dem Primordialcranium von aussen anliegt. O. Hertwig erklärt sie für Haut- und Schleimhautossificationen.

Wirbeltheorie des Schädels. Der Schädel stellt nach einer älteren Auffassung in seiner Gliederung drei grosse erweiterte Wirbel dar (Goethe 1792, Oken 1807): den hinteren Schädelwirbel bildet das Occiput, den mittleren das hintere Keilbein nebst Alae magnae und Ossa parietalia, den vorderen das vordere Keilbein nebst Stirnbein. Bei Knorpelfischen ist die Zahl der Schädelwirbel eine grössere (Gegenbaur). Die Schädelwirbeltheorie ist neuerdings von den Meisten verlassen worden.

Gesichtsknochen. Die Bildung der Gesichtsknochen und des Antlitzes steht in inniger Beziehung zu den Umbildungen der Kiemenbögen und Spalten. Gegen die grosse Mundöffnung ragt von jeder Seite her das mediale Ende des ersten Kiemenbogens hin. *Proc. maxillaris sup. et infer.* Dasselbe hat zwei Fortsätze: den Oberkieferfortsatz, der mehr gegen die Seite der Mundöffnung heranwächst, und den Unterkieferfortsatz, der dem unteren Rande des Mundes entlang zieht (IX). *Processus frontalis.* Von oben herab wächst nun als Verlängerung der Schädelbasis der Proc. frontalis (s) nieder, ein breiter, an seiner unteren äusseren Ecke mit einer Spitze (y, innerer Nasenfortsatz) versehener Fortsatz. Stirnfortsatz und Oberkieferfortsatz (r) verwachsen mit einander und zwar so, dass ersterer zwischen letztere sich einschiebt. [Zugleich verwächst ein kleiner, oberhalb des Oberkieferfortsatzes liegender äusserer Nasenfortsatz, (n) eine Fortsetzung des Seitentheiles des Schädels, mit dem Oberkieferfortsatz. Zwischen letzterem und dem äusseren Nasenfortsatz war eine zum Auge (a) führende Spalte, welche bis auf den Thränencanal verwächst.] *Trennung der Mund- und Nasenhöhle.* So ist die Mundöffnung abgetheilt von den darüber liegenden Nasenöffnungen. Die Theilung setzt sich aber auch in die Tiefe der Mundhöhle hin fort: der Oberkieferfortsatz liefert den Gaumen, der Stirnfortsatz den *Zwischenkiefer.* Zwischenkiefer, der auch dem Menschen zukommt (Goethe) und später mit dem Oberkiefer verwächst. Der Zwischenkiefer, bei vielen Thieren dauernd ein besonderer Knochen (Os incisivum), trägt die Schneidezähne. In der 9. Woche ist der harte Gaumen bereits geschlossen, auf den sich senkrecht das vom Processus frontalis abstammende Septum der

Nase stützt. Aus dem Unterkieferfortsatze entsteht der Unterkiefer. — An den Umrandungen der Mundhöhle bilden sich die Lippen und der Alveolarrand aus. Die Zunge entsteht als Fortsatz von der inneren Seite der Mandibula.

Hasenscharte. Wolfsrachen.

Die Bildungen können Hemmungen erfahren: bleibt der Stirnfortsatz vom Oberkieferfortsatz getrennt, so wird die Nase nicht von der Mundhöhle getrennt. Es kann nun Nase und Mund entweder nur in den Weichtheilen nicht getrennt sein (Hasenscharte), oder durch und durch auch im Gaumen (Wolfsrachen); beide Missbildungen können einseitig oder doppelseitig sein. Die Bildung des Wolfsrachens kann entweder daher rühren, dass die Oberkieferfortsätze und der Stirnfortsatz sämmtlich oder zum Theil zu kurz bleiben, so dass sie nicht an einander stossen können; oder es wächst der Stirnfortsatz rüsselartig und oft noch verschmälert zu weit hervor, dass die Oberkieferfortsätze ihn nicht erreichen können.

Bildungen aus dem 1. Kiemenbogen.

Aus dem hinteren Theile des ersten Kiemenbogens entstehen Ambos, Hammer (Verknöcherung im 4. Monat) und der von letzterem hinter dem Paukenring nach vorn abgehende lange knorpelige Meckel'sche Fortsatz (Reichert 1837), der auf der inneren Seite des Unterkiefers fast bis zu dessen medialer Vereinigung hinzieht. Letzterer verkümmert vom 6. Monat an, doch bildet sein hinterer Theil noch das Lig. laterale internum des Kiefergelenkes. Neben ihm an seinem Abgange vom Hammer bildet sich der Proc. Folii (Baumüller). Ein Theil seines medialen Endes verwächst ossificirend mit dem Unterkiefer. Der Unterkiefer entsteht häutig als ein Belegknochen auf dem ersten Kiemenbogen, der Angulus und Condylus entstehen aus einem Knorpelansatz Die Kinnnaht beider Unterkiefer verwächst im ersten Jahre. — Aus dem Oberkieferfortsatz entsteht im Einzelnen noch die innere Lamelle des Proc. pterygoideus, ferner der Proc. palatinus des Oberkiefers und das Os palatinum am Ende des 2. Monats; endlich das Os zygomaticum. — Der vom Felsenbein entstehende und parallel mit dem ersten Kiemenbogen hinziehende zweite Bogen bildet der Reihe nach den Steigbügel, die Eminentia pyramidalis mit dem Musc. stapedius, den Processus styloideus, das (früher knorpelige) Lig. stylohyoideum und das kleine Horn des Zungenbeines. [Ich sah den Griffelfortsatz bis zum kleinen Horn inclusive in einen Knochen beiderseits verwandelt.] — Aus dem dritten Kiemenbogen entsteht das grosse Horn und der Körper des Zungenbeines; der vierte vergeht ganz, indem er mit der Halshaut verwächst. Von den Kiemenspalten bleibt nur die erste, als Gehörgang, Pauke und Tuba sich umbildend, alle anderen verwachsen. Bleibt die eine oder andere offen (Hemmungsbildung, mitunter in einzelnen Familien erblich), so ist dies die angeborene Halsfistel. Es können die Gänge auch entweder nur an ihrer inneren oder äusseren Oeffnung sich erhalten: es entstehen dann blinde Gänge, Divertikel, die alle als unvollkommene Halsfisteln bezeichnet werden.

Bildungen aus dem 2. Kiemenbogen.

Bildungen aus dem 3. Kiemenbogen.

Fistula colli congenita.

Clavicula.

Die Clavicula, nicht bindegewebig (Bruch), sondern knorpelig wie die Furcula der Vögel präformirt (Gegenbaur), zeigt ein sehr bedeutendes Wachsthum, so dass sie im 2. Monat viermal so gross ist, als der Oberschenkel; sie ossificirt zuerst von allen Knochen, in der 7. Woche. Zur Zeit der Pubertät tritt eine sternale Epiphyse hinzu. (Episternale Bildungen müssen von der Clavicula abgeleitet werden, Götte.) Die Clavicula fehlt vielen Säugern (Hufthiere, Raubthiere); bei den Flatterern ist sie sehr gross, beim Kaninchen halb häutig. — Die Scapula ist in erster Anlage mit der Clavicula verbunden (Rathke, Götte), zeigt im 3. Monate einen mitteren Kern, der sich schnell ausbreitet. Von den accessorischen Kernen sind morphologisch interessant die im Rabenschnabel; letzterer bildet zugleich die oberste Partie der Gelenkfläche. Bei Vögeln wächst diese Anlage als Os coracoideum bis zum Sternum, während beim Menschen von der Spitze des Processus coracoideus nur Bandmasse zum Sternum zieht. Der basale, besondere lange Knochenstreif entspricht dem Os suprascapulare mancher Thiere. Sonstige Knochenkerne sind noch: einer im unteren Winkel, zwei bis drei im Akromion, einer in der Gelenkfläche, ein unbeständiger in der Spina. Völlige Consolidation zur Pubertätszeit. — Das Os humeri ossificirt in der 8. bis 9. Woche in der Diaphyse. Weitere Knochenpunkte sind: einer in der oberen Epiphyse und einer in der Eminentia capitata (1. Jahr), einer im Tub. majus und einer im Tub. minus (2. Jahr), zwei in den

Scapula.

Humerus.

Condylen (5. bis 10. Jahr), einer in der Trochlea (12. Jahr). Es verwächst die Diaphyse mit den Epiphysen im 16. bis 20. Jahre. — Der Radius ossificirt in der Diaphyse im 3. Monate. Dazu kommen: ein Kern in der unteren Epiphyse (5. Jahr), einer in der oberen (6. Jahr); unbeständig ist ein Kern in der Tuberositas und einer im Proc. styloideus. Verwachsung findet zur Pubertätszeit statt. — Die Ulna ossificirt im Mittelstück ebenfalls im 3. Monate. Dazu kommt: ein Kern im unteren Ende (6. Jahr), zwei im Olecranon (11. bis 14. Jahr) (Uffelmann); unbeständig ist ein Punkt im Proc. coronoideus (Schwegel) und einer im Proc. styloideus. Die Consolidation des Knochens erfolgt mit der Geschlechtsreife. — Die Handwurzelknochen sind bei der Geburt noch knorpelig, sie verknöchern: Capitatum, hamatum (1. Jahr), triquetrum (3. Jahr), trapezium, lunatum (5. Jahr), naviculare (6. Jahr), trapezoideum (7. Jahr), pisiforme (12. Jahr). Morphologisch ist es merkwürdig, dass zwischen beiden Reihen ein Os centrale (entsprechend dem Os carpale centrale der Reptilien, Amphibien und einiger Säuger) anfangs gebildet ist, das aber mit dem 3. Monate verschwindet (Henke, Reyher, Rosenberg). — Die Metacarpalknochen zeigen im 4. Monate in der Diaphyse einen Kern, ebenso alle Phalangen. Die knorpelige Epiphyse haben alle Phalangen und der erste Daumenknochen am centralen Ende, die übrigen Metacarpusknochen am peripheren. Hiernach ist der erste Daumenknochen als Phalange zu betrachten (Galen, Vesal). Die Epiphysen der Metacarpi verknöchern im 2. Jahre, die der Phalangen im 3. Jahre; Verwachsung zur Pubertätszeit. Merkwürdig ist die Angabe Schenk's, dass in der ersten Anlage eine grössere Zahl von Fingern (bis 9) angelegt seien, die später bis auf 5 verschwinden. Es würde sich hieraus die Polydaktylie als eine zu den Hemmungsbildungen zu zählende Missbildung erklären lassen. — Das Hüftbein hat in der knorpeligen Anlage zwei Theile, den Scham- und den Darmsitztheil (Rosenberg). Die Verknöcherung beginnt mit drei Kernen: einer im Darmbein (3. bis 4. Monat), einer im absteigenden Sitzbeinast (4. bis 5. Monat), einer im horizontalen Schambeinast (5. bis 7. Monat). Zwischen dem 6. bis 14. Jahre entstehen drei Kerne, dort wo die Corpora der drei Knochen in der Pfanne zusammenstossen, ebenso einer an der Superficies auricularis und einer an der Symphyse. Weitere accessorische Punkte sind: je einer in der Spina ant. inf., in der Crista ilei, in der Tuberositas und in der Spina ischii, Tuberc. pubis, Eminentia ileopectinea, Pfannengrund. Zuerst vereinigen sich der absteigende Scham- und aufsteigende Sitzbeinast im 7. bis 8. Jahre; die Y-förmige Pfannennaht bleibt bis zur Pubertät.

Radius. Ulna. Carpus. Metacarpus. Phalanges. Polydactylie. Becken.

Das Femur erhält den Mittelkern am Ende des 2. Monates. Bei der Geburt ist ein Kern in der unteren Epiphyse, etwas später einer im Caput. Dazu kommen: einer im Trochanter maj. (3. bis 11. Jahr), einer im Tr. min. (13. bis 14. Jahr), zwei in den Condylen (4. bis 8. Jahr): Verwachsung aller gegen die Pubertätszeit — Tibia und Fibula verknöchern in der Diaphyse Anfangs des 3. Monates, die obere Epiphyse erhält einen Kern (1. bis 3. Jahr), dann die untere. Accessorische Kerne erhalten die Tuberositas tibiae und die Malleolen; Consolidation aller zur Pubertätszeit. Die Kniescheibe ist knorpelig im 2. Monate, knöchern vom 1. bis 3 Jahre. — Die Fusswurzeln verknöchern in folgender Reihe: Calcaneus (6. Monat), Astragalus und Cuboideum (7. Monat), Naviculare (1 bis 5. Jahr), Cuneiforme I und II (3 Jahr), Cuneiforme III (4. Jahr). In der Ferse des Calcaneus entsteht im 6. bis 10. Jahre ein Nebenkern, der nach der Pubertät verwächst. — Die Fussknochen bilden sich ähnlich, aber später als die Handknochen.

Femur. Tibia. Fibula. Fuss.

Nach zahlreichen Messungen an den Diaphysen langer Knochen bei Embryonen und Fötus konnte ich folgende allgemeine Gesichtspunkte aufstellen. — 1. Bis zur 9. und 10. Woche sind die ossificirten Mittelstücke der langen Knochen am oberen Körpertheile die grössten und zwar in folgender Reihenfolge: Mandibula, Clavicula, Humerus, Radius, Ulna, Femur, Tibia, Fibula. — 2. Vom 6. Monat an rangiren sie aber bereits in der Grösse wie beim Erwachsenen. — 3. Die Diaphysen der Röhrenknochen der oberen Extremität sind zu allen Zeiten der Fötalperiode relativ grösser, als die der unteren. — 4. In der ersten Hälfte der Fötalperiode wachsen die Diaphysenknochen in gleicher Zeit viel stärker, als später; selbst doppelt so viel, und noch mehr. — Bei der Bildung

Allgemeines Wachsthumsgesetz der Diaphysenknochen.

von Knochen aus Knorpel vermehren sich die Knorpelzellen in ihren sich erweiternden Höhlen. Letztere stossen zu grossen Hohlräumen zusammen, an deren Wandungen sich die neue Knochenmasse in Schichten ablagert (H. Müller). Ob hierbei die durch die Theilung stark vermehrten Abkömmlinge der Knorpelzellen zu den Knochenkörperchen werden, oder ob die hierzu verwendeten Zellen mit den Blutgefässen zugleich in den ossificirenden Knorpel hineinwachsen, (während die Knorpelzellen untergehen) (Stieda), ist noch eine offene Frage. — Der getrocknete Knochen besitzt $^1/_3$ organischer Grundsubstanz (Knochenknorpel), ferner neutralen phosphorsauren Kalk (57%), kohlensauren Kalk (7%), phosphorsaure Magnesia (1–2%), Fluorcalcium (1%), Wasser etwa 23%. Der Knochen (z. B. der Röhrenknochen) wächst der Dicke nach durch Auflagerungen des Periostes, wobei die Zellen desselben als Osteoblasten zu Knochenkörperchen werden. Theilweise gehen die peripheren Bezirke (Parietalschicht) der epithelartig dicht gelagerten Osteoblasten in die erhärtende Grundsubstanz des Knochens über, wobei die Zellen sternförmig eingeengt werden als Knochenkörperchen. Theilweise gehen aber auch sternförmige protoplasmatische zerstreut liegende Periostzellen in Knochenzellen über, indem sich ein erhärtendes Blastem zwischen dieselben ergiesst, welches die Fasern des Periostes als Sharpey'sche Fasern in die Substanz des Knochens aufnimmt. — Gleichmässig mit dem Wachsthum der Knochenrinde wird die Markhöhle durch Resorption grösser. Ringe, jungen Thieren um die Röhren gelegt, fallen später in die Markhöhle (Duhamel). Das Längenwachsthum der Knochen geschieht so (Hunter), dass der der Diaphyse zunächst liegende Streif des Epiphysenknorpels stets verknöchert, während sich am peripheren Ende stetig neuer Knorpel erzeugt. Ist das Knochenwachsthum vollendet, so ossificirt schliesslich der Epiphysenknorpel in toto. Ob neben diesem Wachsthum der Knochen durch Apposition noch ein solches durch Intussusception oder interstitielle Expansion statthabe (Wolff), haben die Versuche (ob zwei in einen Knochen eingeschlagene Stifte weiter von einander rücken oder nicht) noch nicht unbedingt sicher erwiesen (vgl. pg. 452).

Histiogenese der Knochen.

Bestandtheile der Knochen.

Wachsthum der Knochen

450. Bildung des Gefässsystemes.

Herz.

Herz. — Die einfach schlauchförmige Herzanlage nimmt eine leicht S-förmige Gestalt an und lässt alsbald eine Unterscheidung des oberen Aortentheiles mit dem Bulbus, des mittleren Kammertheiles und des unteren venösen Theiles erkennen. Hierauf biegt sich der Kammertheil magenförmig, wobei der venöse Theil höher und zugleich etwas hinter den arteriellen Theil zu liegen kommt. Vom venösen Theile wächst rechtshin und linkshin ein Blindsack aus, die Anlagen der sehr grossen Auriculae. Die der grossen Curvatur entsprechende Biegung des Herzkörpers wird durch eine seichte Rinne äusserlich in zwei grosse Abtheilungen getheilt. Der grosse Truncus venosus, der in der Mitte der hinteren Wand des Vorhofstheiles sich einsenkt, setzt sich aus der oberen und der unteren Cava zusammen. Später wird dieser gemeinsame Stamm in die Wand der sich ausdehnenden Vorhöfe hineingezogen, und so entstehen die gesonderten Einmündungen der beiden Hohlvenen. — In der 4. bis 5. Woche beginnt die Theilung des Herzens in ein rechtes und linkes. Es wächst zunächst der senkrechten Ventrikelfurche entsprechend eine Scheidewand im Innern vertical hinauf und theilt so den Kammertheil in einen rechten und in einen linken. Zwischen Kammertheil und Vorkammertheil befindet sich eine Einschnürung am Herzen, der Canalis auricularis. Bis hierhin wächst die Scheidewand aufwärts und ist in der 8. Woche vollendet. Von der grossen ungetheilten Vorkammer kann man somit durch ein rechtes und linkes Ostium atrioventriculare in die entsprechende Kammer gelangen. Sodann wachsen im Innern des grossen Truncus arteriosus zwei coulissenartige Scheidewände hinein, welche endlich gegen einander stossen und so das Rohr in zwei Röhren zerlegen, die nun wie die Läufe einer Doppelflinte neben einander liegen (Aorta und Pulmonalis). Die Scheidewand zwischen beiden nimmt nach abwärts eine Richtung der Art, dass dieselbe auf die Ventrikelscheidewand niederstösst. Hierdurch kommt es, dass der rechte Ventrikel mit der Pulmonalis, der linke mit der Aorta communicirt. Die Schei-

dung des Truncus aortae hat jedoch nur in seinem Anfangstheile statt. Aufwärts ist die Theilung nicht vollzogen, d. h. es münden nach oben Pulmonalis und Aorta wieder in einen Stamm zusammen. Diese Verbindung der Pulmonalis mit der Aorta ist der Ductus arteriosus Botalli.

Am Vorhofe wächst von vorn und unten her ein Theil einer Scheidewand, die im Innern mit einem concaven Rande endigt. Die Cava superior mündet rechts von dieser Falte ein, so dass ihr Blut das Bestreben haben wird, in die rechte Kammer einzuströmen. Die Cava inferior hingegen mündet gerade gegen den Rand der Falte. Es bildet sich nun von ihrer Einmündungsstelle links, der Vorhofsfalte entgegen, die Valvula foraminis ovalis, welche den Blutstrom nur linkshin passiren lässt. Rechts von der Cavamündung, der Falte entgegen entsteht die Eustachi'sche Klappe, welche im Vereine mit dem Tuberculum Loweri den Strom der Cava inferior linkshin in das linke Atrium leitet. (Vgl. fötalen Kreislauf.) Nach der Geburt schliesst die Valvula foraminis ovalis diese Oeffnung zu. Ausserdem obliterirt der Botalli'sche Gang, so dass nun das Blut der Pulmonalis durch die sich dehnenden Lungenäste zu laufen gezwungen ist. (Das Offenbleiben des Foramen ovale ist eine Hemmungsbildung, die schwere Circulationsstörungen nach sich zieht.)

Arterien.

Arterien. Mit der Bildung der Kiemenbögen und Spalten vervielfältigt sich jederseits die Zahl der Aortenbögen auf 5, die je oberhalb und unterhalb einer jeden Kiemenspalte verlaufen, dann aber in einen gemeinsamen absteigenden Stamm wiederum zusammentreten (Rathke). (Diese Gefässe erhalten sich nur bei den Kiemenathmern.) Beim Menschen vergehen zuerst jederseits die zwei obersten Aortenbögen vollständig. Bei der Trennung des Truncus arteriosus in die Pulmonalis und Aorta fällt der unterste Bogen jederseits nebst seinem Anfangsstück der Pulmonalis zu, kommt also dann aus dem rechten Herzen. Von diesen bildet der linke unterste Bogen den Ductus Botalli (und am Anfange desselben gehen die Lungenäste der Pulmonalis hervor). Von den mit der Aorta vereinten Bögen wird der linke mittlere der bleibende Aortabogen (in den der Botalli'sche Gang hinüberleitet), der rechte zur Subclavia dextra. Der oberste Bogen wird jederseits zum Carotis-Ursprung.

Von den Arterien des ersten und zweiten Kreislaufes ist bereits die Rede gewesen. Mit dem Zurücktreten des Nabelbläschenkreislaufes ist nur noch eine Art. omphalemesaraica vorhanden, die an den Darm alsbald einen Ast abgibt. Später geht die Nabelblasenarterie unter, und es ist so die Darmschlagader (A. mesenterica superior, die mächtigste aller Arterien) in ihrem Stamme ursprünglich eine Nabelbläschenarterie.

Venen.

Venae cardinales; Ductus Cuvieri.

Venen des Körpers. Die im Körper des Embryo selbst zuerst zur Entwicklung kommenden Venen sind die beiden Venae cardinales: jederseits eine vordere und eine hintere (Rathke), welche, dem Herzen zustrebend, sich zuerst jederseits in einen grossen Stamm, den Ductus Cuvieri vereinigen. Letzterer geht in den venösen Herztheil über. Die oberen Cardinalvenen geben ab die Venae subclaviae und die Venae jugulares communes. Ausserdem besteht eine quere Anostomose schräg von der linken (dort wo die Theilung derselben liegt) nach der rechten, etwas abwärts in deren Stamm einmündend. Bei der definitiven Ausbildung wird diese Anastomose sehr gross (zur V. anonyma sinistra), ausserdem wachsen mit der Grösse der Extremitäten die Vv. subclaviae, und endlich ändert sich gegenseitig das Caliber der beiden Drosselvenen, indem die Anlage der V. jugularis communis sehr stark wird, die V. jugularis externa jedoch schwächer (bei vielen Thieren, Hund, Kaninchen, erhält sich das embryonale Grössenverhältniss). Das Stück der V. cardinalis sup. sin. von der Anastomose abwärts bis zum Duct. Cuvieri sin. geht zu Grunde. — Die unteren Cardinalvenen spalten sich im Becken in die Hypogastrica und Iliaca externa. Die Cava inferior ist anfangs sehr dünn, spaltet sich am Beckeneingang und geht jederseits in die Spaltungsstelle der Cardinalvene über. Ausserdem existirt eine quer aufsteigende Anastomose zwischen der rechten und linken Cardinalvene. Zur Constituirung des definitiven Zustandes erweitert sich die Cava inferior und mit ihr abwärts die Hypogastrica und Iliaca externa jederseits. Die rechte Cardinalvene erhält sich dünn (V. azygos), ebenso von der linken das untere Stück bis zur Queranastomose, gleichfalls eng bleibt diese selbst (Vena

hemiazygos). Dahingegen geht das obere Stück oberhalb der Anastomose bis zum Duct. Cuvieri sinister unter. Endlich wird der vereinigte venöse Schenkel so in die Vorkammerwand hineingezogen, dass beide Hohlvenen isolirte Einmündungen erhalten — Dieselbe Venenanlage zeigen alle Vertebraten im Embryonalzustande, sie bleibt jedoch nur bei den Fischen persistent.

Venen des 1. Kreislaufes.

Venen des ersten Kreislaufes. In den Truncus venosus der ersten schlauchförmigen Herzanlage münden anfangs beide Venae omphalomesaraicae. Die rechte dieser geht jedoch schon bald zu Grunde. Sobald sich die Allantois gebildet hat, gehen die beiden Venae allantoidis s. umbilicales ebenfalls in den Truncus venosus über. Anfangs sind die Nabelblasenvenen grösser als die Umbilicales; später wird dies umgekehrt, und die rechte Umbilicalis geht unter. — Sobald sich im Leibe eigene Venen gebildet haben, ergiesst sich die untere Hohlvene ebenfalls in den Truncus venosus. Allmählich wird nun die Umbilicalis die Hauptbahn, der die kleine Omphalomeseraica nur wenig Blut spendet.

Pfortaderbildung.

Die Umbilicalis und Omphalomesaraica gehen zum Theil direct unter der Leber hinweg zum Herzen. Zum Theil senden sie aber auch (arterielles Blut führende) Zweige in die Leber (welche diese Gefässe von Oben umwächst), die Venae advehentes. Letzteres Blut tritt in andere Venen wieder zurück (Venae revehentes), die am stumpfen Leberrande sich wieder mit dem Hauptstamm der Umbilicalis vereinigen. In der Leber anastomosiren die V. umbilicalis und die Omphalomesaraica. Alsbald obliterirt dasjenige Stück der letzteren, welches oberhalb der Leber zum Herzen hin liegt, so dass das Blut beider Venen nun durch ein Bett zu fliessen hat. In die Omphalomesaraica mündet mit der Entwickelung des Darmes zugleich die V. mesaraica ein. Geht später die Nabelblasenvene unter, so ist nun die Darmvene der alleinige Stamm dieser früher vereinigten Gefässe. Er ist es also, der sich in der Leber mit der Umbilicalis vereinigt und so den Stamm der V. portarum darstellt. Geht nun endlich bei der Geburt die Umbilicalis zu Grunde, so ist die Mesaraica allein übrig geblieben als Pfortader. Diese muss aber, da ja der Ductus venosus Arantii obliterirt, all ihr Blut durch die Leber schicken. So ist der Pfortaderkreislauf vollendet.

451. Bildung des Nahrungscanales.

Der primitive Darm ist anfangs ein vom Kopf bis zum Steiss hinziehender gerader Schlauch. Der Ductus omphalomesaraicus hat seine Insertion an derjenigen Stelle, die später dem unteren Abschnitte des Ileums entspricht. Hier macht das Rohr in der 4. Woche eine gegen den Nabel hin gerichtete leichte Knickung. Es ist schon mitgetheilt, dass der Ductus später obliterirt (Darmnabel) und sich schliesslich als Faden vom Darmrohr ablöst; letzterer ist noch im 3. Monate erkenntlich. In seltenen Fällen erhält sich jedoch ein mit dem Darm in Verbindung bleibendes kurzes blindgeschlossenes Rohr als Rest des nicht völlig obliterirten Ductus. Es ist dies das sogenannte „echte Darmdivertikel", in sehr seltenen Fällen kann sogar nach der Geburt der Ductus bis durch den Nabel hinaus offen bleiben, so dass also eine angeborene Ileumfistel vorhanden ist; C. Hüter hat in einem solchen Falle den operativen Verschluss gemacht. — Weiterhin bildet nun der Darm die erste Schlinge, indem er sich an der Darmnabelstelle so dreht, dass das der knieförmigen Biegung zunächst liegende untere Stück des Darmes nach oben gedreht wird, das obere jedoch nach unten. Vom unteren Schenkel dieser Schlinge wachsen nun stetig sich verlängernd die Dünndarmschlingen hervor. Aus dem oberen Schlingenschenkel, der sich verlängert, wird der Dickdarm so gebildet, dass zuerst das Colon descendens, dann durch Verlängerung das Col. transversum und endlich ebenso das Col. ascendens entsteht.

Echtes Darmdivertikel.

Erste Schlingenbildung.

Ausstülpungen aus dem Darme.

Der Darmcanal erzeugt durch Ausstülpungen verschiedene Drüsen; an diesen betheiligen sich die Zellen des Entoderms, welche zu den Secretionszellen der Drüsen werden, sowie die Darmfaserplatte, welche die gestaltgebenden Drüsenmembranen liefern. Diese Ausstülpungen sind der Reihe nach: 1. Die anfangs soliden Speicheldrüsen, die zu stark ramificirten Drüsenkörpern schon früh von dem Munddarme hervorsprossen. — 2. Die Lungen

Speicheldrüsen. Lungen.

entstehen als 2 getrennte Hohlbläschen (C. E. v. Baer), die später ein einfaches Vereinigungsrohr zum Ursprung haben, als Ausstülpungen der Speiseröhre. Die beiden Bläschen wachsen nach dem Typus einer sich verästelnden schlauchförmigen Drüse mit hohlen Sprossen. In den frühesten Entwickelungsstadien existirt zwischen dem Epithel der Bronchien und dem der hervorgesprossten primitiven Lungenbläschen kein wesentlicher Unterschied (Stieda).

Thyrioidea Thymus. 3. Die Schilddrüse und Thymus lässt Remak als Ausstülpungen des Darmrohres im 2. Monate entstehen, die sich später jedoch abschnüren. (Milz und Nebennieren entstehen jedoch nicht in dieser Weise: erstere im 2. Monate; letztere sind anfangs grösser als die Nieren). — *Pancreas.* 4. Das Pankreas entsteht ähnlich den Speicheldrüsen. — *Leber.* 5. Die Leber beginnt als eine Ausstülpung mittelst zwei hohler primitiver Lebergänge, die sich verästeln zu den Gallengängen. An ihrer Peripherie treiben jedoch die Gänge solide Zellenmassen, die Leberzellen, die somit auch vom Entoderm abstammen. Schon im 2. Monate ist die Leber gross, sie secernirt schon im 3. Monate (vgl. pg. 328). — 6. Beim Vogel bilden sich noch am Hinterdarme zwei kleine Blinddärmchen. — 7. Ueber das fötale Athmungsorgan, die Allantois wurde besonders gehandelt.

Peritoneum und Netzbildung. Die Innenfläche des Koeloms, die Oberfläche des Darmes und des Mesenteriums überkleiden sich mit einer serösen Haut, dem Bauchfell. Dasselbe trägt den anfangs einfachen Darm in einer Duplicatur oder Falte. Am Magen, der anfangs als eine spindelförmige Erweiterung des Tractus senkrecht steht, heisst die Falte das Mesogastrium. Später legt sich der Magen auf die Seite und zwar so, dass die linke Fläche zur vorderen, die rechte zur hinteren wird. Hierdurch ist die Insertion des Mesogastriums, die anfangs nach hinten (der Wirbelsäule zu) gewendet war, nach links gerichtet: die Insertionslinie bildet die Gegend der grossen Curvatur, die sich weiterhin noch mehr krümmt. Von der grossen Curvatur verlängert sich nur das Mesogastrium als ein beutelförmiger Anhang, welcher die Bursa omentalis ist, soweit abwärts, dass derselbe über das Colon transversum und die Dünndarmschlingen hinwegreicht. Da das Mesogastrium ursprünglich zwei Platten hat, so muss die von ihm gebildete Duplicatur, der Netzbeutel, natürlich vier Platten haben. Im 4. Monate verwächst die hintere Fläche des Netzbeutels mit der Oberfläche des Colon transversum (Joh. Müller).

452. Bildung der Harn- und Geschlechtsorgane.

Urnierengang. **Harnorgane.** Als erste Bildung für die fötalen Harnorgane entsteht (beim Hühnchen am 2., beim Kaninchen am 9. Tage) der anfangs solide Urnierengang oder Wolff'sche Gang (III, w) aus einer abgelösten Zellenmasse der Seitenplatte, seitlich und etwas dorsalwärts vom Urwirbel, sich vom 5. Urwirbel bis zu den letzten erstreckend. Diesem Gange innen aufsitzend entstehen von der Leberhöhe abwärts eine Reihe kleiner Schläuche [die beim Hühnchen anfangs mit dem anderen Ende frei in die Peritonealhöhle münden sollen (Kölliker)], welche an ihrem Ende durch Hineinwachsen eines Gefässknäuels zu einem dem Glomerulus der Niere ähnlichen Gebilde werden. *Glomeruli und Röhrchen der Urniere.* Die Schläuche verlängern sich, knäueln sich in Windungen und vervielfältigen sich noch durch Zuwachs neugebildeter und mit ihnen in Communication tretender accessorischer Röhrchen (Bornhaupt, Fürbringer). Das Kopfende des Wolff'schen Ganges ist anfangs geschlossen, sein unteres Ende, welches in einer in die Leibeshöhle hinein vorspringenden Falte (Plica urogenitalis, Waldeyer) liegt, öffnet sich (beim Kaninchen am 11. Tage) in den Sinus urogenitalis. *Mündung des Urnierenganges.* Dicht oberhalb der Ausmündung des Wolff'schen Ganges sprosst die Niere als „Nierengang“ (Kupffer) aufwärts aus ihm hervor (Kupffer, Götte). *Harnkanälchen.* Der verlängerte Gang verästelt sich weiter strauchförmig an seinem oberen Ende, und diese Nebenäste bilden endlich Windungen. Jedes Canälchen gestaltet sich an seinem Ende wie eine gestielte Kautschukblase, die in sich *Kapseln.* selbst napfförmig eingedrückt ist (Toldt); in diesen Raum dringt der selbstständig gebildete Gefässknäuel hinein und wird hier innig umwachsen. Der Nierengang mündet weiterhin selbstständig in den Sinus urogenitalis und

wird zum Ureter. Die Stelle, an der die Verästelung anhebt, wird zum Nierenbecken, die Aestchen selbst zu den Harncanälchen. Toldt fand im 2. Monate bereits Malpighi'sche Körperchen fertig in der Menschenniere, im 4. Monate Henle'sche Schleifen. — Die Harnblase entsteht im 2. Monate aus dem Anfangstheil der Allantois. Der obere Theil geht als obliterirter Urachus in das Lig. vesicae medium über, doch erhalten sich selbst beim Erwachsenen noch oft offene Urachusstellen, die zu Cystenbildung Veranlassung geben können (Luschka).

Ureter.

Blase.

Innere Geschlechtsorgane. Vor und nach innen vom Wolff'schen Körper entsteht im Mesoderm die längliche hervortretende Keimdrüse, bei beiden Geschlechtern ursprünglich gleich (Zwitterstadium). Ausserdem bildet sich parallel dem Wolff'schen Gange ein Canal, der abwärts ebenfalls in den Sinus urogenitalis mündet, der Müller'sche Gang, oder Geschlechtsgang. Die Keimdrüse erscheint zuerst als eine längliche Hervorragung und ist von hohen Epithelien der Mittelplatten, dem Keimepithel Waldeyer's überkleidet. Der Müller'sche Gang entsteht anfangs als lineare Furche im Keimepithel, die sich dann tiefer einsenkt und sich zu einem anfangs soliden Strang abschnürt, der später hohl wird (Waldeyer). Die obere Oeffnung des Ganges öffnet sich frei in die Bauchhöhle; die unteren Enden beider Gänge verschmelzen eine Strecke weit. Bei Ausbildung des weiblichen Geschlechtes entstehen im Keimepithel Eizellen, die sich in offene Schlauchbildungen der Keimdrüse einsenken. (pg. 896.). Beim Weibe wird der Müller'sche Gang zur Tube und das untere verschmolzene Ende beider zum Uterus. — Beim männlichen Geschlechte gestaltet sich das Keimepithel niedriger (zeigt aber anfänglich sogar noch Ovulaanlagen). Nun dringen nach Waldeyer vom Wolff'schen Körper aus, an welchem man zweierlei Schläuche unterscheiden kann, die schmäleren in die Keimdrüsenanlage ein (Sexualtheil des Wolff'schen Körpers). Diese Schläuche, die mit dem Wolff'schen Gange in Verbindung stehen (v. Wittich), werden zu den Hodencanälchen, und der Wolff'sche Gang beim Mann zum Vas deferens nebst Samenblase. — [Nach Bornhaupt und Egli sollen sich jedoch innerhalb der Keimdrüse des Männchens autochthon Zellenstränge, die wahrscheinlich vom Keimepithel abstammen, entwickeln, die sich zu den Samencanälchen gestalten und später mit dem Wolff'schen Gange in Verbindung treten (Huhn und Kaninchen). Endlich sah v. Braun bei Reptilien von jedem Malpighi'schen Körperchen der Urniere einen Canal durch die Keimdrüse hindurch gegen das Keimepithel ausgesendet werden („Segmentalstrang"). In diese Canäle sollen nun beim Weibe die Ureier hineinwachsen sammt den Keimepithelzellen, und zur Bildung der Ovarialschläuche die Grundlange abgeben. Beim Manne bilden die Segmentalstränge sich zu den Hodencanälchen um.]

Keimdrüse.

Müller-scher Gang.

Keimepithel.

Hodenbildung.

Die Müller'schen Gänge (die eigentlichen Ausführungsgänge der Keimdrüsen) gehen beim Manne unter bis auf das unterste Stück, welches zum Utriculus masculinus s. Vesicula prostatica (Analogon des Uterus) wird. [Bei Fleischfressern und Wiederkäuern bilden sie sich grösser aus als rudimentäre Scheide nebst Uterus bicornis!] Die oberen Canälchen des Wolff'schen Körpers vereinigen sich im 3. Monate mit der Keimdrüse und werden zu den Coni vasculosi des mit Flimmerepithel versehenen Nebenhodens (Kölliker); der übrige Theil der Urniere geht atrophisch unter. Einige versprengte Röhrchen werden zu den Vasa aberrantia des Hodens (Kobelt). [Die ungestielte Hydatide Morgagni's am Kopfe des Nebenhodens ist nach Luschka, Becker, M. Roth ein abgeschnürtes, mitunter samenhaltiges und im Innern flimmerndes Bläschen des Nebenhodens, nach Fleischl jedoch das rudimentäre Ovarium masculinum, nach Waldeyer ein Homologon der Pars infundibiliformis tubae. Das Organ von Giraldès (gewundene Schläuche mit Flimmerepithel, M. Roth), am oberen Ende des Hodens ist wohl auch ein Rest vom Wolff'schen Körper (Kölliker)]. Der Wolff'sche Gang selbst wird zum Vas deferens nebst Samenblase (als Auswuchs). Die beiden Wolff'schen und die beiden Müller'schen Gänge lagern sich beim Eingang in das Becken innig in einen Strang zusammen (Genitalstrang, Thiersch). Später, wenn die Müller'schen Gänge untergegangen sind, rücken die aus den Wolff'schen Gängen gebildeten Samenleiter weiter auseinander.

Müller'sche Gänge beim Mann.

Wolff'scher Körper.

Wolff'scher Gang.

Urniere beim Weibe. Beim weiblichen Geschlechte gehen die Schläuche der Urniere bis auf einen Rest im Innern flimmernder Röhren [Parovarium (Kobelt) sive Rosenmüller'sches Organ, und einen dem Giraldès'schen Organe ähnlichen Theil im breiten Mutterbande (Waldeyer)] zu Grunde; ebenso die Wolff'schen Gänge, doch sieht man sie noch bei Föten von 7 Monaten (Beigel), [sie erhalten sich jedoch dauernd bei Wiederkäuern, Pferd, Schwein, Katze, Fuchs als *Gartner'sche Gänge.* Gartner'sche Gänge; beim Menschen können sie zu pathologischen Cystenbildungen Veranlassung geben, (Gartner, v. Preuschen)]. Der Müller'sche Gang franzt sich an seiner oberen Oeffnung als Fimbria (an der oft eine Hydatide aufsitzt). Derjenige Theil des Sinus urogenitalis, in welchen die vier Gänge einmünden, soll nach oben in einen hohlen Kegel auswachsen (Rathke), dieser wird zur Vagina. Nach Thiersch und Leuckart ist diese Bildung anders: es liegen nämlich die zwei Wolff'schen und zwei Müller'schen Gänge unten *Genitalstrang.* in dem Genitalstrange zusammen. Nun verwachsen am unteren Ende die beiden Müller'schen Gänge (Ende des 2. Monats, Dohrn) und bilden in ihrem vereinten Lumen Vagina und Uterus, während je ihr oberer freier Theil zur Tuba *Uterus et vagina duplex.* wird. (Hiernach erklärt sich der Uterus und die Vagina duplex als durch Nichtverschmelzung entstandene Hemmungsbildung). Die Müller'schen Gänge mündeten ursprünglich in den untersten hinteren Theil der Harnblase ein, unterhalb der Ureteren (Sinus urogenitalis). Später wird dieser Blasentheil so nach unten hin verlängert, dass Vagina (vereinigte Müller'sche Gänge) und Harnröhre nur noch tief unten im Vestibulum vaginae ihren Vereinigungspunkt finden. Im 3. bis 4. Monate ist Uterus und Vagina von einander noch nicht zu trennen; im 5. bis 6. Monate grenzt der Uterus sich charakteristisch ab.

Descensus testiculorum. Der Hoden liegt ursprünglich in der Lendengegend des Abdomens, von einer Bauchfellfalte (Mesorchium) getragen. Vom Hilus des Hodens verläuft durch den Leistencanal bis in den Grund des Scrotums ein Strang, das Gubernaculum Hunteri. Zugleich bildet sich ganz selbstständig vom Peritoneum aus ein scheidenartiger Fortsatz bis in den Grund des Hodensackes aus. Ein Zurückbleiben des Gubernaculum Hunteri in seinem Wachsthume, oder eine Schrumpfung, oder gar active Contraction desselben durch glatte Muskelfasern bewirkt, dass der Hoden durch den Leistencanal hindurch in das Scrotum niedergezogen wird. Hierbei nimmt er von der Fascia abdominis superficialis oder transversalis als Umhüllung die Tunica vaginalis communis mit, mit welcher die vom Obliquus ascendens und Transversus zugleich hinabgezogenen Muskelfaserschlingen nun den Cremaster darstellen. Der Bauchfellüberzug des Hodens wird zum Doppelsack der Tunica vaginalis propria; der Proc. vaginalis peritonei ob- *Angeborene Leistenhernie.* literirt in der Regel und liefert verkümmerte Reste als Lig. vaginale. Bleibt dieser mit der Peritonealhöhle communicirende Scheidenfortsatz offen, so ist der offene Weg für eine Hernia inguinalis externa congenita gegeben. Auch die *Descensus ovariorum.* Ovarien treten etwas nach abwärts. Ein dem Gubernaculum Hunteri ähnlicher, durch den Leistencanal ziehender Gang wird später zum muskelhaltigen Lig. uteri rotundum. Auch beim Weibe schickt das Peritoneum einen Proc. vaginalis durch den Leistencanal (Nuck'scher Canal). Selten rücken sogar die Ovarien bis in die Labia majora! — während umgekehrt ein Verweilen der Hoden in der Bauchhöhle (Kryptorchismus) als eine Hemmungsbildung gelten muss.

Entwickelung der äusseren Geschlechtstheile. **Die äusseren Genitalien** sind anfänglich bei beiden Geschlechtern nicht zu unterscheiden. In der 4. Woche befindet sich am Steiss ein einfaches Loch, zugleich After und Urachusöffnung darstellend, also eine Cloake. In der 6. Woche erscheint vor der Oeffnung ein Höcker, die Geschlechtswarze, und seitlich entfernt vom Loche jederseits ein grosser Hautwulst. Ende des 2. Monats zieht auf der unteren Seite der Geschlechtswarze eine Rinne zur Cloake hin, an deren beiden Seiten deutliche Ränder hervortreten. In der Mitte des 3. Monats wird die Cloakenöffnung getheilt, indem sowohl von oben, als auch von beiden Seiten sich Verlängerungen zwischen den Urachus (nunmehr hier zur Blase geworden) und den Mastdarm als Mittelfleisch einschieben. *Männliche Bildung.* Beim Mann wird nun der Geschlechtshöcker gross, seine Rinne verwächst von der Blasenöffnung an (Urachusöffnung der früheren Cloake) bis zur Spitze der Warze in der 10. Woche. So wird der Eingang zur Blase auf die Spitze des Geschlechtshöckers verlegt. Unterbleibt diese Verwachsung entweder völlig oder

zum Theil, so ist die Hemmungsbildung der Hypospadie vorhanden. Im 4 Monate entsteht die Eichel, im 6. das Praeputium, beide sind zuerst verklebt (Bokai). Die in der Raphe zusammentretenden Hautwülste bilden das Scrotum. — Beim Weibe bleibt der indifferente Zustand der ursprünglichen Geschlechtsanlage gewissermassen permanent: Der kleine Geschlechtshöcker wird zur Clitoris, die Ränder seiner Furche zu den Nymphen, die Hautwülste bleiben getrennt als Labia majora. Der Sinus urogenitalis ist kurz geblieben wie er war, während es beim Manne durch Schluss der Genitalrinne ein langes Ansatzrohr erhalten hat.

Hypospadie.

Weibliche Bildung.

Die Ursache der Geschlechtsbildung nach der einen oder anderen Seite hin ist bisher nicht ermittelt. Aus statistischem Material (80.000 Fälle) hat man zunächst den Einfluss des Alters der Eltern festgestellt. Ist der Mann jünger als die Frau, so werden gleichviele Knaben und Mädchen erzeugt; sind beide gleichalt, so kommen 1029 Knaben auf 1000 Mädchen; ist der Mann älter, sogar 1057 Knaben auf 1000 Mädchen. — Früchte mit verwachsener, d. h. in ihren fötalen Gefässen communicirender, Placenta sind stets gleichen Geschlechtes! Herzlose Zwillinge, welche jedesmal Blut erhalten, das den normalen Zwilling bereits ernährt hat, sind stets gleichen Geschlechtes mit der wohlgebildeten Frucht. — Bei Insecten spielt die Ernährung eine grosse Rolle, sofern reichlichst ernährte Keime vorwiegend Weibchen bilden (H. Landois) (ist nicht ohne Widerspruch geblieben). — Thury glaubte, dass Thiere (Kühe), welche kurz nach der Brunst belegt wurden, häufiger weibliche Früchte trügen (ist bestritten worden). — Andere Forscher kommen nach gründlichen Erwägungen zu der Anschauung, dass das Geschlecht schon bei der Conception unabänderlich festgestellt sei (K. Mayrhofer).

Ursachen der Geschlechts-Differenzirung.

453. Bildung des Central-Nervensystemes.

An jeder Seite der Vorderhirnblase, die äusserlich vom Ektoderm, innerlich vom Ependym bekleidet ist, wächst eine grosse gestielte Hohlblase hervor, die Anlage der Grosshirnhemisphäre. Die relativ enge Oeffnung in dem Stiele ist die Anlage des Foramen Monroi. Der in der Grösse zurückbleibende Mitteltheil zwischen beiden Halbkugeln ist das „Zwischenhirn", in dessen Innerem der 3. Ventrikel liegt, der sich im 2. Monat „trichter"-förmig nach der Basis zu verlängert, als Tuber cinereum mit dem Infundibulum. Die vom Boden des Zwischenhirns an beiden Seiten hervorwachsenden Thalami engen das Foramen Monroi zu einer halbmondförmigen Spalte ein. Im 2. Monate entstehen ebenso an der Basis die Corpora candicantia, im 3. Monate das Chiasma; im Innern des 3. Ventrikels bilden sich im 3. Monate die Commissuren. Die zum Mittelhirn gehörende Hypophyse ist eine Ausstülpung der Rachenschleimhaut durch die Schädelbasis gegen das ihr entgegengerichtete hohle Infundibulum hin (Rathke, Dursy, Mihalkowitsch), die sich später abschnürt. [Es liegt also hier das Bestreben einer Vereinigung der Vorderdarmhöhle mit dem Medullarrohr vor. Hier soll des überaus merkwürdigen Fundes Erwähnung geschehen, dass bei der Gans (Gasser) und dem Wellenpapagei (Braun) ursprünglich das Medullarrohr durch einen Spalt mit der Anlage des Hinterdarmes communicirt.] Der durch das Foramen Monroi in die Hemisphärenhöhle hineinwachsende Plexus chorioideus ist eine gefässhältige Wucherung des Ependyms. Im 4. Monate entsteht das Conarium, und es decken zu dieser Zeit die Hemisphären bereits die 4 Hügel. — Im Innern der Höhle der Hemisphäre entsteht im 2. Monate der Streifenhügel, im 4. Monate das Ammonshorn. Im 3. Monate entsteht die Fossa Sylvii, in deren Grunde die Insel, als ein Theil des ursprünglichen Vorderhirnstammes, sich bildet, über die sich am Ende des Fötallebens der Klappendeckel herüberwölbt. Vom 7. Monate an bilden sich die bleibenden Hirnwindungen.

Das Zwischenhirn.

Die Mittelhirnblase wird allmälig von den hintüberwuchernden Hemisphären überdeckt; die Höhle derselben wird zu dem Aquaeductus Sylvii eingeengt. Auf der Oberfläche der Blase entsteht eine Viertheilung: Corpora quadrigemina, indem im 5. Monate sich eine Längs- und im 7. Monate eine Quer-Furche ausbildet. Am Boden bilden sich als Verdickungen die Hirnstiele. — An dem Hinterhirn entstehen gesondert die Halbkugeln des Kleinhirns, welche hinter-

Mittelhirn.

wärts wachsend sich in der Mittellinie vereinigen. Im 6. Monate werden die Halbkugeln entwickelter und es bildet sich der Vermis. Das Kleinhirn deckt die darunter liegende, nicht geschlossene Stelle des Medullarrohres bis zum Calamus. [Die Oeffnung des Medullarrohres am Calamus, ferner die Tendenz der 3. Höhle, mit dem Schlunde zu communiciren, bringt uns das Verständniss des Articulatenbaues näher, bei denen der Mund das centrale Nervensystem durchsetzt, und letzteres an der Ventralseite hinab verläuft.]. Am Boden des Hinterhirns entsteht im 3. Monate der Pons. — Das spindelförmig sich abwärts verjüngende Nachhirn wird zur Oblongata, deren oberer Theil die offene Medullarhöhle zeigt

Rückenmark. Aus dem Medullarrohr abwärts vom Nachhirn entsteht das Rückenmark: die graue Substanz zunächst der Höhle; später lagert sich um diese die neugebildete weisse Masse ab. Anfänglich reicht das Rückenmark bis zum Steissbein. Da beim Erwachsenen die Spitze des Rückenmarkes nur bis zum 1. bis 2. Lendenwirbel hinabreicht, so bleibt also das Rückenmark gegen die Wirbelsäule im Wachsthume zurück, weshalb die unteren Spinalnerven sich sehr verlängern müssen. [Es ist zu bedenken, inwiefern eine Disharmonie in diesen Wachsthumsverhältnissen, so dass etwa die Wirbelsäule zu schnell, oder das Rückenmark zu langsam wächst, sogenannte essentielle Lähmungen der Unterextremitäten bei Kindern erzeugen kann.] — Die Tastnerven des Fötus vermögen Reflexbewegungen hervorzurufen (z. B. beim Druck auf die durchfühlbaren Kindestheile). Die ersten Muskelanlagen erscheinen am Rücken im 2. Monate, im 4. Monate werden sie röthlich, um die Hälfte der Schwangerschaft erscheinen die ersten fühlbaren Kindesbewegungen, und zwar wohl als Reflexe (da auch Acephale dieselben bieten). — Die peripheren Nerven entstehen peripherisch innerhalb der Gewebe und wachsen später mit den Centren zusammen.

454. Bildung der Sinnesorgane.

Entwickelung des Auges. **Auge.** Die primäre Augenblase wächst bis gegen die äussere Bedeckung des Kopfes (Ektoderm) und wird nun von vorn her in sich selbst zurückgestülpt, so dass die gestielte Blase nunmehr die Gestalt eines Eierbechers erhalten hat. Der Binnenraum dieses Bechers, der spätere Augenbinnenraum, heisst jetzt die secundäre Augenblase. Derjenige Theil der ursprünglichen Blase, welcher die Zurückstülpung erfahren hat (also der vordere convexe, der nun concav zurückgebogen ist), wird zur Retina; der hintere Theil der Blase wird zum pigmentirten Chorioideal- (Retinal-) Epithel. Der Stiel ist der spätere Opticus. Die Einstülpung der primären Augenblase erfolgt jedoch nicht genau nach diesem einfachen Schema, sondern bei derselben bildet sich an der eierbecherförmigen Gestalt von unten ein Schlitz, der gewissen Theilen vom Mesoderm gestattet in den Augenraum einzudringen. Diese Spalte, die sich vom Stiel der Augenblase bis zum Rande des eingestülpten Bechers hinzieht, heisst Coloboma. *Colobom.* Dasselbe markirt sich vorn als pigmentloser Schlitz. Am Stiel der Augenblase zieht dieser als Rinne bis zur Basis der Grosshirnblase weiter, und in diese Rinne legt sich die Art. centralis retinae. Die Ränder des Coloboma verwachsen später vollständig mit einander; bleibt aber in seltenen Fällen die Vereinigung aus, so wird in der Retina und im Chorioidealpigmente ein Streifen fehlen müssen: wir haben es dann mit einer angeborenen Missbildung, einer Hemmungsbildung, Colobom der Chorioidea und Retina zu thun. [Beim Vogel verwächst die embryonale Colobomspalte überhaupt nicht, sondern durch sie dringt in den Binnenraum des Auges ein gefässhaltiger Fortsatz des Mesodermes, der spätere Kamm (Pecten, pg. 841) (Lieberkühn). Ganz ähnlich ist es bei den Fischen, bei welchen der besonders grosse, aus Theilen des Meso- und Ektoderms bestehende, eingestülpte Fortsatz sich als Processus falciformis erhält (pg. 841).

Warum stülpt sich die primäre gestielte Augenblase eierbecherförmig in sich selbst zurück? Weil Theile des Ektoderms von vorn her als eine kugelförmige Masse sich in die primäre Augenblase hineinlagern. Aus ihnen wird die Linse, die ihre epitheliale Abstammung (vom Ektoderm) auch im späteren Leben noch durch ihre Wachsthumsverhältnisse kundgibt (pg. 451). Derjenige

Theil des Ektoderms, welcher vor der Linse her die Augenblase überzieht, wird später das geschichtete vordere Cornea-Epithel. Die Pigmentschicht der eingestülpten Augenblase setzt sich vom Rande des Eierbechers über das Corpus ciliare und über die hintere Fläche der später gebildeten Iris fort. Es ist klar, dass ein persistirendes Colobom auch so zur Bildung eines pigmentlosen Streifens auf der Iris führen muss, dem Coloboma iridis. — Die Substanz der Chorioidea, der Sclera und Cornea bilden sich aus dem Mesoderme rings um die Augenanlage herum — Die Kapsel der Linse ist anfangs völlig umschlossen von einer gefässhaltigen Membran, der Membrana capsulopupillaris. Später weicht die Linse mehr nach hinten in den Augenraum zurück, der vordere Theil der Capsulopupillarmembran bleibt jedoch im vorderen Augentheile und gegen diesen wächst der Irisrand (7. Woche) heran, so dass nun die Pupille durch diesen Theil der gefässhaltigen Kapsel (Memb. pupillaris) verschlossen ist (J. Müller, Henle). Die Gefässe der Iris gehen in die der Pupillarmembran über; die der hinteren Linsenkapsel liefert die Art. hyaloidea, eine Fortsetzung der Centralis retinae, ihre Venen gehen in die der Iris und Chorioidea über. Der Glaskörper entwickelt sich vom 3. Monate hinter der Linse. Im 7. Monate verschwindet die Pupillarmembran. Als Hemmungsbildung kann sie sogar das ganze Leben bestehen.

Pupillenmembran.

Geruchsorgan. An der unteren seitlichen Begrenzung des Vorderhirns bildet das Ektoderm ein Grübchen, welches gegen das Hirn hin sich einsenkt, aber stets als Grube verbleibt: die Riechgrube, zu welcher später der Olfactorius seine Fäden entsendet. Die Bildung der Nasenhöhle siehe pg. 922.

Bildung des Geruchsorganes.

Gehörorgan. Zu beiden Seiten der letzten Gehirnblase entsteht vom Ektoderm aus ein eingestülptes Grübchen, welches sich von aussen gegen das Gehirn hin einsenkt: die Labyrinthgrube (Huschke, Reissner) Die Grube schliesst sich später völlig vom Ektoderm ab (ähnlich wie die Linse) und heisst nun Labyrinthblase. Sie stellt offenbar die Vorhofsblase dar, aus welcher dann im 2. Monate die halbcirkelförmigen Canäle und die Schnecke durch Sprossung hervorwachsen. Ebenso erfolgt erst später die Vereinigung des Gehirns mit dem Labyrinthe durch den dorthin gewachsenen Acusticus. — Die erste Kiemenspalte wird zu einem unregelmässig weiten, relativ schmalen Gang. Aussen entsteht in der 6. Woche die Muschel; am Grunde des Gehörganges bildet sich das Trommelfell; der innerste Theil wird zur Eustachi'schen Trompete.

Bildung des Gehörorganes. Das Labyrinth.

455. Vergleichendes. Historisches.

Constanz der Arten.

Die Entwickelungsgeschichte darf schliesslich einen Blick zu werfen sich nicht versagen auf die allgemeine Entwickelung des ganzen Thierreiches. Die Frage: „Wie sind die zahllosen gegenwärtig lebenden Thierarten entstanden?" ist theilweise so beantwortet worden, dass man sagte, alle Arten sind von Anbeginn als solche geschaffen, „jede Art ist ein verkörperter Schöpfungsgedanke". Alle Arten erhalten sich ferner als solche ohne Abänderung, es herrscht die „Constanz der Arten". Dieser von Linné, Cuvier, Agassiz u. A. vertretenen Ansicht gegenüber entwickelte schon Jean Lamarck 1809 die Lehre von der „Einheit des Thierreiches", den alten Empedoklei'schen Gedanken nämlich, dass alle Arten sich aus wenigen Stammarten durch Varietätenbildung entwickelt haben, dass ursprünglich nur wenige Stammformen niederer Bildung existirt haben, aus denen sich die neuen zahlreichen Arten herausgebildet haben, eine Anschauung, der auch Geoffroy St. Hilaire und Goethe zugethan waren. Nach langer Zeit wurde dieser Gedanke in besonders fruchtbringender Weise von Charles Darwin (1859) zur Durchführung gebracht. Er stützte seine „monistische Auffassung" des Thierreiches zunächst durch die Darlegung, wie eine allmähliche Ausbildung der Arten sich erklären lasse. Unter den Geschöpfen der Erde findet zur Wahrung ihrer Existenz ein Kampf aller gegen alle statt, und aus diesem „Kampfe um's Dasein" wird nur allemal derjenige siegreich hervorgehen, der sich durch besonders hervorragende Eigenschaften auszeichnet. Solche Eigenschaften: Kraft, Schnelligkeit, Farbe, Fruchtbarkeit u. s. w. sind aber vererblich, und so ist es einleuchtend, dass auf diese Weise

Einheit des Thierreiches.

Darwin'sche Theorie.

gewissermassen durch „natürliche Züchtung" eine ununterbrochene Abänderung der Arten statthat. Es kommt hinzu, dass die Geschöpfe fähig sind, in gewissen Grenzen sich ihrer Umgebung und dem herrschenden Zwange der äusseren Einwirkung anzupassen. So können gewisse Organe eine zweckmässige Umbildung erfahren, während unthätige Theile sich allmählich zu rudimentären Organen zurückbilden können. Die so „durch natürliche Züchtung" vor sich gehende allmähliche Veränderung der Thierform findet ihre Wiederholung in der „künstlichen Züchtung" von Thieren und Pflanzen. Es ist bekannt, dass es z. B. den Thierzüchtern in relativ kurzer Zeit gelingt, Formverschiedenheiten zu schaffen, die sehr viel bedeutender sind, als die zwischen zwei wohl charakterisirten Thierspecies. So zeigt der Schädel einer Dogge und eines Windspieles einen anatomisch viel hochgradigeren Unterschied, als der Schädel vom Fuchs und einer ihm ähnlichen Hunderasse. Aber so wie bei der künstlichen Züchtung plötzlich ein „Rückschlag" auf die Altvorderen beobachtet wird, so kann auch in der Entwickelung natürlicher Arten der Atavismus zum Ausdruck gelangen. Offenbar wird endlich durch eine räumlich sehr ausgedehnte Verbreitung einer Art in verschiedenen Klimaten die Leichtigkeit der Veränderung noch erhöht, da hierdurch sehr differente Einwirkungen zur Geltung kommen müssen. So kann die Wanderung der Organismen allmählich artverändernd wirken (Migrationsgesetz von M. Wagner).

Das biogenetische Grundgesetz. Ohne auf die Entwickelung der verschiedenen Thierformen im Einzelnen einzugehen, soll hier noch kurz das „biogenetische Grundgesetz" (Haeckel) beleuchtet werden. Es heisst; „Die Keimesgeschichte (Ontogenie) ist eine kurze Wiederholung der Stammesgeschichte (Phylogenie)". Speciell also auf den Menschen angewandt, besagt dieses Gesetz, dass die einzelnen Stadien in dem Entwickelungslaufe des menschlichen Embryo, z. B. seine Existenz als einzelliges Ei, als Zellenhaufen nach vollendeter Furchung, als Zellenblase (Keimblase), als zweischichtige Blase, als Wesen ohne Koelom u. s. w. — dass diese Stadien der Entwickelung ebenso viele Thierformen andeuten, durch welche hierdurch das Menschengeschlecht im Laufe unvorstellbarer Zeiten sich allmählich hinaufgebildet habe. Die einzelnen Etappen, welche das Menschengeschlecht auf diesem Umbildungsgange durchgemacht hat, sind in Kürze in seiner embryonalen Entwickelung recapitulirt. Diese Auffassung ist natürlich nicht ohne Widerspruch geblieben. Wichtig ist jedenfalls der Vergleich der menschlichen Entwickelung in Bezug auf die einzelnen Organe mit den entsprechenden ausgebildeten Organen niederer Vertebraten. So besitzt auch das Säugethier in seiner Organentwickelung ursprünglich das einfache Herz, die Kiemenspalten, die unentwickelte Gehirnanlage, die knorpelige Chorda dorsalis, vielfache Einrichtungen des Gefässsystemes u. dgl., was alles den niedersten Wirbelthieren für ihre ganze Lebensdauer eigen ist. In den aufsteigenden Classen kommt diese unvollkommene Anlage zur stufenweisen Vervollkommnung. — Im Einzelnen gibt es allerdings noch manche Schwierigkeiten, die Darwin'sche Grundanschauung und das biogenetische Grundgesetz zu begründen.

Die älteren Forschungen. **Historisches.** Wenngleich auch die Errungenschaften der Entwickelungsgeschichte mehr wie die einer anderen biologischen Wissenschaft vorwiegend der neueren Zeit angehören, so ist es gleichwohl interessant, die Anschauungen der Alten über verschiedene Punkte zu vernehmen. — Nach Alkmäon (580 v. Chr.) liefern zur Erzeugung beide Geschlechter die Zeugungsstoffe; das Geschlecht des Jungen richtet sich nach dem Gatten, der den meisten Samen liefert. In der Entwickelung entsteht der Kopf zuerst. — Empedokles (473 v. Chr.) lehrt die Ernährung des Embryo durch den Nabel; er benennt zuerst das Chorion und Amnion. Die Gliederung des Embryo sei am 36. Tage vollzogen. Er lehrt, dass die ersten Thiere der Schöpfung die unvollkommensten gewesen seien. — Hippokrates nimmt als erste Frist der Bewegung den 70. Tag an, als Zeit der Vollendung den 210. Er lehrt mit Demokrit, dass die Geschlechtsstoffe von allen Körpertheilen zusammenträten (Pangenesis), wodurch die Aehnlichkeit der Nachkommen sich erkläre. Er beobachtete bebrütete Eier von Tag zu Tag, sah bei ihnen die Allantois aus dem Nabel hervortreten und am 20. Tag die Küchlein auskriechen. Er lehrt, dass 7-Monatskinder lebensfähig seien, erklärt die Möglichkeit der Superfötation aus den Hörnern des Uterus, beschreibt das

Lithopädion. — Nach Plato (430 v. Chr.) wird zuerst das Rückenmark gebildet, als dessen Appendix vorn das Gehirn erscheine. — Reich an Beobachtungen sind die Schriften des Aristoteles (geb. 384 v. Chr.), von denen manche bereits im Texte erwähnt sind. Er lehrt, dass der Embryo seine blutartige Nahrung mittelst der Gefässe des Nabelstranges und der Placenta aus dem blutreichen Uterus sauge, wie ein Baum die Feuchtigkeit durch seine Wurzeln. — Er unterscheidet die polykotyledonische Placenta und die zusammenhängende, erstere schreibt er denjenigen Thieren zu, die nicht in beiden Kiefern vollkommene Zahnreihen haben. Im bebrüteten Vogelei kennt er die Gefässe des Dottersackes, welche Nahrung für den Embryo aus letzterem holen, und die Gefässe der Allantois. Richtig ist auch die Angabe, dass das Küchelchen mit seinem Kopfe auf dem rechten Schenkel ruhe, und dass der Dottersack schliesslich in den Leib hineintrete. — Bei der Geburt der Säuger athme der allein geborne Kopf noch nicht. Die Bildung der Monstra leitet er von einer Verwachsung zweier Keime oder zwei naheliegender Embryonen ab. Bei der Zeugung liefere das Weib den Stoff, der Mann das die Gestalt und die Bewegung gebende Princip. — In Bezug auf die Erzeugung niederer Thiere sei erinnert an den Begattungsarm der Cephalopoden, den Dottersack der Tintenfische, die Dottersackplacenta des glatten Haies, die Begattung der Schlangen, das Fehlen des Amnion und der Allantois bei den Fischen und Amphibien. — Diokles (Zeitgenosse des Theophrast, geb. 371 v. Chr.) scheint das Eichen schon in der 2. Woche gesehen zu haben als ein häutiges Bläschen, welches mit blutigen Pünktchen (Zöttchen?) besetzt sei. — Erasistrates (304 v. Chr.) lehrt die Entstehung des Embryo durch einen Neubildungsvorgang im Ei (Epigenese); als Grund der Sterilität führt er Narbenbildungen im Uterus an. Sein Zeitgenosse Herophilus fand, dass der schwangere Uterus geschlossen sei. Er kennt die drüsige Natur der Prostata und nennt die Samenblasen und Nebenhoden. — Galen (131—203 n. Chr.) kennt das Foramen ovale und beschreibt, wie der Uterus auf Druck sich contrahire. — Im Talmud findet sich die Angabe, dass ein Thier mit exstirpirtem Uterus leben könne, dass die Schambeine bei der Geburt auseinander weichen, und die Mittheilung eines erfolgreichen Kaiserschnittes mit lebendigem Kinde, angeblich auf Cleopatras Befehl ausgeführt. — Sylvius (1555) beschreibt die Valvula foraminis ovalis, Vesalius (1540) die Bläschen des Ovariums, Eustachius († 1570) den Ductus arteriosus (Botalli) und die Aeste der Umbilicalvene zur Leber, Arantius untersucht den nach ihm benannten Gang, und gibt an, dass die Umbilicalarterien nicht mit den mütterlichen Gefässen im Mutterkuchen anastomosiren. — Bei Libavius (1597) findet sich die erste Mittheilung, dass ein Kind bereits im Uterus geschrieen habe. — Riolan (1618) kennt das Corpus Highmori. — Pavius (1657) untersucht die Lage der Hoden in der Lendengegend des Fötus. — Harvey (1633) sprach den Grundzatz aus: Omne vivum ex ovo. — Fabricius ab Aquapendente (1600) stellt den Entwicklungsgang zusammen. — Regner de Graaf beschreibt genauer die nach ihm benannten Eierstocksfollikel; er fand das Ei beim Säugethier in der Tube. — Swammerdam († 1685) entdeckte die Metamorphose; er zergliederte vor dem Grossherzog von Toscana den Schmetterling aus der Raupe. Er beschreibt die Furchung des Froscheies. — Malpighi († 1694) gibt eine gute Entwickelungsgeschichte des Hühnchens mit Abbildungen. — Die erste Hälfte des 18. Jahrhunderts verstrich unter dem Streite, ob das Ei oder der Same das Wichtigste für die Entwickelung sei (Ovisten und Animalculisten), ferner ob das Junge sich im Ei neu bilde (Epigenese), oder ob es sich nur enthülle und wachse, also schon fertig im Ei stecke (Evolution). — Eine neue Epoche beginnt mit Caspar Fried. Wolff (1759), der zuerst die Bildung des Embryo aus Blättern (Keimblättern) lehrte, der ausserdem zuerst die Zusammensetzung der Gewebe aus kleinsten Theilchen (Zellen der Neueren) aussprach. Auch beobachtete er genau die Bildung des Darmes. — Will. Hunter beschreibt (1775) die Eihüllen und den schwangeren Uterus, Sommering (1799) die Bildung der äusseren Körperform des Menschen, Oken und Kieser die des Darmes. Oken und Goethe (1807) lehren die Zusammensetzung des Schädels aus Wirbeln, Tiedemann (1816) beschreibt die Bildung des Gehirns, Meckel die der Monstra. — Grundlegend für die Erforschung der Bildung der einzelnen Organe aus den drei Keimblättern sind die

Neue Epoche.

Arbeiten Pander's (1817), Carl Ernst v. Baer's (1828—1834), Remak's und vieler noch lebender Neueren. Schwann verfolgte zuerst (1839) die Entwickelung aller Gewebe aus den ersten Keimzellen bis zur fertigen Ausbildung. — Ueber die neueren Forschungen berichtet der Text.

456. Geburt.

Der Uterus wird mit dem Wachsthum des Eies gedehnter, seine Wände werden reicher an Muskelfasern und an Gefässen. In der letzten Zeit „verstreicht“ auch der Hals des Uterus und gegen den 280. Tag der Schwangerschaft beginnen die Wehen zur Entleerung des Inhaltes. Sie treten von freien Zwischenräumen unterbrochen auf: jede Wehe beginnt ferner allmählich, erreicht dann ihre Höhe und nimmt langsam wieder ab. Bei jeder Wehe nimmt die Wärme im Uterus zu (pg. 566). Die Herzthätigkeit der Frucht wird ferner bei jeder Wehe etwas verlangsamt und geschwächt, was von einer Vagusreizung in der Oblongata der Frucht herrührt (pg. 729, 3).

Wehen.

Einfluss der Nerven auf die Uterusbewegungen.

Ueber die Bewegung des Uterus in ihrer Abhängigkeit vom Nervensystem ist Folgendes ermittelt: — 1. Reizung des Plex. hypogastricus hat Contraction des Uterus zur Folge. Die Fasern entstammen dem Rückenmark (letzter Brust- und 3. und 4. Lenden-Wirbel) und treten in den Bauchstrang über und verlaufen von hier in den genannten Plexus (Frankenhäuser). — 2. Auch die Reizung der dem Sacralplexus entstammenden Nn. erigentes hat motorischen Effect (v. Basch und Hofmann). — 3. Reizung des Lenden- und Sacral-Theiles des Rückenmarkes hat starke Bewegungen zur Folge (Spiegelberg, Schiff). Es liegt zunächst ein Centrum für den Gebäract im Rückenmarke (pg. 711). Ob noch im Gehirn ein besonderes Centrum liege, ist ungewiss; auch nach Reizung des Kleinhirns (pg. 764) sah man Contractionen. — 4. Der Uterus besitzt wahrscheinlich, ähnlich wie der Darm, eigene parenchymatöse Centra (Körner), welche durch Athmungssuspension und Blutleere (durch Compression der Aorta (Spiegelberg) oder schnelle Verblutung) zur Bewegung angereizt werden können (Oser und Schlesinger). — 5. Reflectorisch sahen v. Basch und Hofmann nach Reizung des Ischiadicus Contractionen auftreten. — 6. Der Uterus enthält für seine Gefässe sowohl Vasoconstrictoren (durch die Bahn des Plex. hypogastricus), die vom Splanchnicus herkommen, als auch Vasodilatatoren (durch die Nn. erigentes). Die Gefässnerven lassen sich auch durch Ischiadicusreizung reflectorisch anregen (v. Basch und Hofmann).

Nach der Geburt ist der ganze Uterus seiner Schleimhaut beraubt (Decidua); seine Innenfläche gleicht somit einer Wundfläche, auf welcher sich unter anfangs fleischwasserähnlicher, dann zellenreicher bis schleimiger Absonderung (Lochien) eine neue Schleimhaut wieder ausbildet. Die dicke Muskelschicht des Uterus erleidet unter theilweiser Verfettung der Fasern eine allmähliche Reduction. — Nach der Geburt beginnt unter einer eigenthümlichen Wirkung auf das Gefässnervensystem (Milchfieber), wobei am 2.—3. Tage eine lebhaftere Blutzufuhr den Milchdrüsen zugewandt wird, die Milchsecretion (pg. 419). — Ueber die Auslösung der ersten Athembewegungen des Neugebornen ist pg. 726 gehandelt.

Autoren-Verzeichniss.

C.

H.

I.

J.

M.

N.

T.

Sachregister.

(Die beigesetzten Ziffern bedeuten die Seitenzahlen.)



DRUCK [illegible]N GOTT[illegible] WIEN, [illegible]INERSTRASSE 12.



